

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2001-287658

(P2001-287658A)

(43)公開日 平成13年10月16日(2001.10.16)

(51)Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テ-マ-ト*(参考)
B 6 2 D 6/00		B 6 2 D 6/00	3 D 0 3 2
	5/04		3 D 0 3 3
H 0 2 P 5/17		H 0 2 P 5/17	E 5 H 5 7 1
// B 6 2 D 101:00		B 6 2 D 101:00	
119:00		119:00	
審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 19 頁)			

(21)出願番号 特願2000-103438(P2000-103438)

(22)出願日 平成12年4月5日(2000.4.5)

(71)出願人 00005326

本田技研工業株式会社

東京都港区南青山二丁目1番1号

(72)発明者 野呂 栄樹

埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会

社本田技術研究所内

(72)発明者 向 良信

埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会

社本田技術研究所内

(74)代理人 100064414

弁理士 磯野 道造

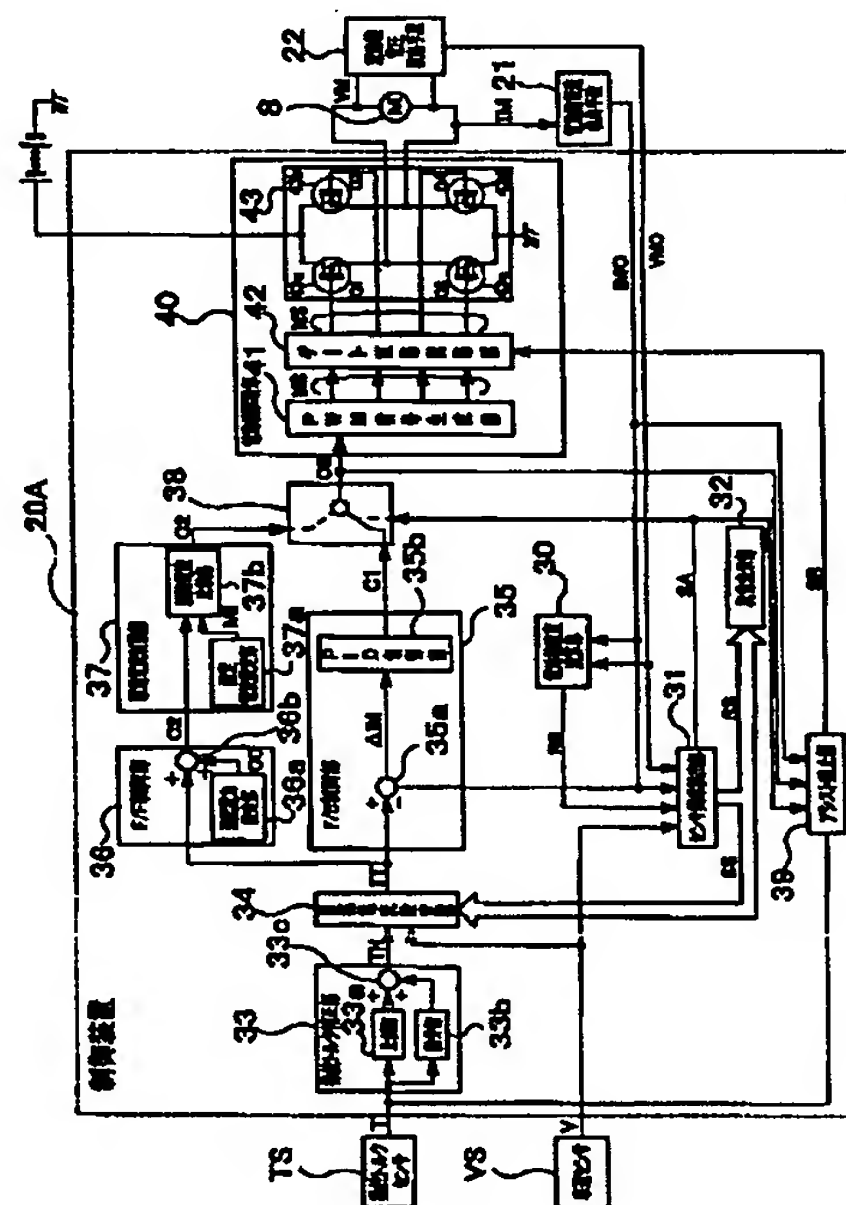
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 電動パワーステアリング装置

(57)【要約】

【課題】 フィードフォワード制御時に、電界効果トランジスタの破壊を未然に防止する電動パワーステアリング装置を提供することを課題とする。

【解決手段】 電動機8に供給する目標電流を設定し目標電流信号ITを出力する目標電流設定部34と、目標電流信号ITと電動機電流信号IMOとの偏差 $\Delta I M$ に基づいて、電動機8を駆動するための第1駆動制御信号C1を生成する第1駆動制御信号生成部35と、目標電流信号ITに基づいて、電動機8を駆動するための第2駆動制御信号C2を生成する第2駆動制御信号生成部36と、電動機電流検出手段21が正常時には第1駆動制御信号C1に切り替え、電動機電流検出手段21が故障時には第2駆動制御信号C2に切り替えて電動機8を制御する制御モード切替部38と、電動機8を回転駆動する電動機駆動部40とを備える電動パワーステアリング装置において、第2駆動制御信号C2の最大値を制限する制限部37を備えることを特徴とする。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 ステアリング系に補助操舵トルクを付加する電動機と、
前記ステアリング系に作用する操舵トルクを検出し、操舵トルク信号を出力する操舵トルクセンサと、
前記電動機に流れる電動機電流を検出し、電動機電流信号を出力する電動機電流検出手段と、
前記電動機電流検出手段の故障を検出する故障検出部と、
少なくとも前記操舵トルク信号に基づいて前記電動機に供給する目標電流を設定し、目標電流信号を出力する目標電流設定部と、
前記目標電流信号と前記電動機電流信号との偏差に基づいて、前記電動機を駆動するための第1駆動制御信号を生成して出力する第1駆動制御信号生成部と、
前記目標電流信号に基づいて、前記電動機を駆動するための第2駆動制御信号を生成して出力する第2駆動制御信号生成部と、
前記故障検出部が前記電動機電流検出手段を正常と検出している場合には前記第1駆動制御信号に切り替え、前記故障検出部が前記電動機電流検出手段を故障と検出している場合には前記第2駆動制御信号に切り替えて前記電動機を制御する制御モード切替部と、
前記制御モード切替部からの駆動制御信号に基づいて、4個の電界効果トランジスタで構成したブリッジ回路によって前記電動機を正転駆動または逆転駆動する電動機駆動部と、
を備える電動パワーステアリング装置であって、
前記第2駆動制御信号の最大値を制限する制限部を備えることを特徴とする電動パワーステアリング装置。

【請求項2】 前記制限部は、前記第2駆動制御信号の駆動電流と所定電流を比較し、前記駆動電流が大きい場合には前記所定電流を前記第2駆動制御信号として出力することを特徴とする請求項1に記載の電動パワーステアリング装置。

【請求項3】 前記電動機駆動部は、前記ブリッジ回路の電界効果トランジスタをパルス幅変調駆動するために、前記制御モード切替部からの駆動制御信号に基づいてパルス幅変調信号を生成して出力するパルス幅変調信号生成部を備え、
前記制御部は、前記故障検出部が前記電動機電流検出手段を故障と検出している場合には、前記パルス幅変調信号のデューティ比と所定比を比較し、前記デューティ比が大きい場合には前記所定比を前記パルス幅変調信号として出力することを特徴とする請求項1に記載の電動パワーステアリング装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、電動機パワーをステアリング系に直接作用させてドライバの操舵力を軽減

する電動パワーステアリング装置に関する。

【0002】

【従来の技術】電動パワーステアリング装置は、電動機の駆動力を直接利用してドライバの操舵力をアシストする。一般に、電動パワーステアリング装置は、電動機に流れる電流を電動機電流検出手段で検出し、この検出した電流と操舵トルク等に基づいて設定した目標電流とによって電動機をフィードバック制御している。さらに、電動パワーステアリング装置は、電動機電流検出手段の故障を検出した場合、操舵トルク等に基づいて設定した目標電流を補正し、この補正した目標電流に基づいて電動機をフィードフォワード制御している。

【0003】例えば、本願出願人による特開平11-49002号公報には、通常時にはフィードバック制御を行い、電動機電流検出器が故障時にはフィードフォワード制御を行う電動パワーステアリング装置が開示されている。この電動パワーステアリング装置は、ステアリング系に補助トルクを付加するために電動機とこの電動機に実際に流れる電動機電流を検出する電動機電流検出器を備えるとともに、ステアリング系の操舵トルクを検出するために操舵トルク検出器を備える。そして、電動パワーステアリング装置は、少なくとも操舵トルクに基づいて電動機に供給する目標電流を設定する目標電流設定部を備える。さらに、電動パワーステアリング装置は、フィードバック制御用に、目標電流と電動機電流との偏差に基づいて電動機を駆動制御するための第1駆動制御信号を生成する第1駆動制御信号生成部を備えるとともに、フィードフォワード制御用に、目標電流に基づいて電動機を駆動制御するための第2駆動制御信号を生成する第2駆動制御信号生成部を備える。また、電動パワーステアリング装置は、電動機電流検出器等の検出器の故障を検出する故障検出部を備え、この故障検出器で電動機電流検出器の故障を検出していない場合には第1駆動制御信号に切り替え、故障検出器で電動機電流検出器の故障を検出している場合には第2駆動制御信号に切り替えて電動機の運転を制御する電動機運転制御モード切替部を備える。つまり、この電動パワーステアリング装置は、電動機電流検出器が正常時には第1駆動制御信号に基づいてフィードバック制御を行い、電動機電流検出器が故障時には第2駆動制御信号に基づいてフィードフォワード制御を行う。

【0004】ちなみに、電動パワーステアリング装置は、4個のFET(Field Effect Transister:電界効果トランジスタ)から構成されるブリッジ回路によって、電動機をPWM(Pulse Width Modulation:パルス幅変調)駆動する。なお、電動機は、ブリッジ回路の対辺の2個のFET間に直列に各々接続される。そして、電動パワーステアリング装置は、このブリッジ回路から電動機に電動機電圧を印加し、電動機電流を流して電動機を正転

または逆転駆動する。なお、この電動機電流は、FETにも流れている。すると、電動パワーステアリング装置は、電動機の回転トルクをボールねじにより推力に変換し、ラック軸に作用させ、ラック軸の車両幅方向の直線移動をアシストする。なお、電動機電圧は、全てが電動機を回転させるための電動機電流として消費されない。つまり、数1の式(1)に示す電動機電圧、電動機電流および電動機の回転速度の関係式から判るように、電動機電圧は、電動機を回転させるため(式(1)の $I_M \cdot R_M$ 成分)だけでなく、電動機の回転による逆起電力成分(式(1)の $K \cdot N$ 成分)としても消費される。

【0005】

【数1】

$$V_M = I_M \cdot R_M + K \cdot N \quad (1)$$

V_M : 電動機電圧

I_M : 電動機電流

R_M : 電動機の抵抗値

K : 誘起電圧係数

N : 電動機の回転速度

【0006】また、ステアリング系では、転舵している操舵輪がタイヤハウス等に接触しないように、最大転舵角が設定されている。そのため、ステアリング系には、ラック軸の車両幅方向の移動を規制するために、左右にストッパが備えられている。例えば、ドライバがステアリングホイールを右方向に操舵すると、ステアリング系では、ラック軸が右方向に直線移動し、操舵輪が右方向に転舵する。さらに、ドライバがステアリングホイールの操舵量を増していくと、ステアリング系では、ラック軸がストッパに当たり(以下、「ラック突き当て」と記載する)、ラック軸の直線移動が規制され、操舵輪の転舵も止まる。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】ところで、ラック突き当て時には、電動パワーステアリング装置は、ラック軸の移動が止まることによって、ラック軸に作用している電動機の回転も止まる。そのとき、電動機の回転速度が急に0になるが、制御遅れによって、電動機電圧がほぼラック突き当て時の電圧値を維持している。そのため、前記した式(1)から判るように、逆起電力成分(式(1)の $K \cdot N$ 成分)が0となるが、電動機電圧 V_M が殆ど変わらないため、電動機電流 I_M が瞬間過大となる(図6参照)。その結果、ブリッジ回路のFETに瞬間電流として過電流(例えば、120A程度の電流)が流れ、FETが破壊する恐れがある。ちなみに、フィードバック制御とフィードフォワード制御を行うことができる電動パワーステアリング装置は、フィードバック制御の場合には第1駆動制御信号またはフィードフォワード制御の場合には第2駆動制御信号によって制御される駆動電流よりも増加した電流が瞬間電流として電動機やFETに流れる。しかし、この電動パワーステアリング装

置は、フィードバック制御の場合、電動機電流検出手段で検出している電動機電流に基づくフィードバック制御によって電流制限を行うことができるので、瞬間電流として増加される電流の増加率を低く抑えることができる。そのため、電動機に瞬間電流として過大な電動機電流が流れないし、FETにもFETを破壊する程の瞬間電流が流れない。例えば、フィードバック制御の場合、増加率を第1駆動制御信号による駆動電流に対して20%増とすると、電動機に80Aの駆動電流を流したとしても、瞬間電流としては100A以下である。ところが、この電動パワーステアリング装置は、フィードフォワード制御時、式(1)の逆起電力成分($K \cdot N$ 成分)を予め考慮して、目標電流信号より大きな第2駆動制御信号を生成している。その上、電動機電流検出手段が故障しているので、電動機電流に基づくフィードバック制御によって電流制限を行うことができないため、瞬間電流として増加される電流の増加率を低く抑えることができない。したがって、電動パワーステアリング装置は、逆起電力成分(式(1)の $K \cdot N$ 成分)が0となると、大きな電動機電圧と大きな増加率によって瞬間的に過大な電動機電流が流れ、FETにも瞬間電流として過電流が流れる。例えば、フィードフォワード制御の場合、増加率を第2駆動制御信号による駆動電流に対して40%増および逆起電力成分による目標電流からの増分を20Aとすると、電動機に100Aの駆動電流を流したとして、瞬間電流としては140Aとなる。その結果、この電動パワーステアリング装置では、フィードフォワード制御の場合、過大な瞬間電流によってFETを破壊してしまう可能性がある。

【0008】そこで、本発明の課題は、フィードフォワード制御時に、電界効果トランジスタの破壊を未然に防止する電動パワーステアリング装置を提供することにある。

【0009】

【課題を解決するための手段】前記課題を解決した本発明に係る電動パワーステアリング装置は、ステアリング系に補助操舵トルクを付加する電動機と、前記ステアリング系に作用する操舵トルクを検出し、操舵トルク信号を出力する操舵トルクセンサと、前記電動機に流れる電動機電流を検出し、電動機電流信号を出力する電動機電流検出手段と、前記電動機電流検出手段の故障を検出する故障検出部と、少なくとも前記操舵トルク信号に基づいて前記電動機に供給する目標電流を設定し、目標電流信号を出力する目標電流設定部と、前記目標電流信号と前記電動機電流信号との偏差に基づいて、前記電動機を駆動するための第1駆動制御信号を生成して出力する第1駆動制御信号生成部と、前記目標電流信号に基づいて、前記電動機を駆動するための第2駆動制御信号を生成して出力する第2駆動制御信号生成部と、前記故障検出部が前記電動機電流検出手段を正常と検出している場

合には前記第1駆動制御信号に切り替え、前記故障検出部が前記電動機電流検出手段を故障と検出している場合には前記第2駆動制御信号に切り替えて前記電動機を制御する制御モード切替部と、前記制御モード切替部からの駆動制御信号に基づいて、4個の電界効果トランジスタで構成したブリッジ回路によって前記電動機を正転駆動または逆転駆動する電動機駆動部とを備える電動パワーステアリング装置であって、前記第2駆動制御信号の最大値を制限する制限部を備えることを特徴とする。この電動パワーステアリング装置によれば、制限部によって第2駆動制御信号の最大値を制限することによって、第2駆動制御信号に基づいて駆動制御される駆動電流の最大値が制限される。そのため、電動パワーステアリング装置は、フィードフォワード制御の場合に電動機の回転が急に0になって瞬間電流として駆動電流が増加しても、第2駆動制御信号の最大値制限によって電動機には最大値制限された瞬間電流が流れ、FETを破壊するほどの瞬間電流は流れない。なお、第2駆動制御信号の最大値を制限するとは、第2駆動制御信号に基づいて駆動制御される電動機に流す駆動電流を所定値以下とし、さらに電動機やFETに流れる瞬間電流の最大値を制限することである。また、この所定値は、第2駆動制御信号による駆動電流が瞬間電流として増加されても、この瞬間電流が絶対にFETを破壊しない電流値以下になるように設定された駆動電流の最大値であればよい。(例えば、瞬間電流の最大値をFETの製造メーカーが動作保障している電流値以下とするように、瞬間電流になる際の増加率を考慮して第2駆動制御信号の最大値を設定する)。ちなみに、瞬間電流になる際の増加率は、電動機の特性等によって決まるので、予め実験等によって把握しておく必要がある。

【0010】また、前記電動パワーステアリング装置において、前記制限部は、前記第2駆動制御信号の駆動電流と所定電流を比較し、前記駆動電流が大きい場合には前記所定電流を前記第2駆動制御信号として出力することを特徴とする。この電動パワーステアリング装置によれば、フィードフォワード制御の場合に電動機の回転が急に0になっても、制限部によって第2駆動制御信号の駆動電流を所定電流以下に制限するので、この駆動電流によって駆動される電動機には最大値制限された瞬間電流が流れる。その結果、FETには破壊するほどの過大な瞬間電流は流れない。なお、所定電流は、第2駆動制御信号による駆動電流が瞬間電流として増加されても、この瞬間電流が絶対にFETを破壊しない電流値以下になるように設定された駆動電流の最大値であればよい。本実施の形態では、所定電流を80Aに設定する。

【0011】あるいは、前記電動パワーステアリング装置において、前記電動機駆動部は、前記ブリッジ回路の電界効果トランジスタをパルス幅変調駆動するために、前記制御モード切替部からの駆動制御信号に基づいてパ

ルス幅変調信号を生成して出力するパルス幅変調信号生成部を備え、前記制御部は、前記故障検出部が前記電動機電流検出手段を故障と検出している場合には、前記パルス幅変調信号のデューティ比と所定比を比較し、前記デューティ比が大きい場合には前記所定比を前記パルス幅変調信号として出力することを特徴とする。この電動パワーステアリング装置によれば、フィードフォワード制御時には、制限部によって所定比以下のデューティ比でしか電動機をPWM駆動しないため、電動機にはこの所定比以下で発生する電動機電圧しか印加されない。したがって、電動パワーステアリング装置は、フィードフォワード制御の場合に電動機の回転が急に0になっても、電動機には(所定比で発生する電動機電圧/電動機の抵抗値)以下の駆動電流しか流さないため、電動機には最大値制限された瞬間電流しか流れない。その結果、FETには破壊するほどの過大な瞬間電流は流れない。なお、所定比は、第2駆動制御信号による駆動電流が瞬間電流として増加されても、この瞬間電流が絶対にFETを破壊しない電流値以下になるように設定された駆動電流の最大値以下とするための電動機電圧に基づいて、ブリッジ回路に印加される電源電圧等を考慮して設定する。本実施の形態では、所定比を50%に設定し、ブリッジ回路に印加される電源電圧が12Vの時には連続して最大6Vの電動機電圧を電動機に印加する。

【0012】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照して、本発明に係る電動パワーステアリング装置の実施の形態を説明する。

【0013】本発明に係る電動パワーステアリング装置は、制限部で第2駆動制御信号の最大値を制限することによって、フィードフォワード制御時に電動機の回転が急に0になって瞬間的に第2駆動制御信号による駆動電流が増加しても、この瞬間電流の最大値を制限することができる。したがって、電動機を駆動するブリッジ回路の全てのFETには、最大値以下に制限された駆動電流によって最大値制限された瞬間電流が流れる。なお、本発明では、第2駆動制御信号の最大値を制限する手段を、第2駆動制御信号の駆動電流を所定電流以下とする、あるいは第2駆動制御信号に基づいて生成されたPWM信号のデューティ比を所定比以下にする等、特に限定しない。

【0014】本実施の形態に係る電動パワーステアリング装置は、第1駆動制御信号を生成するフィードバック制御部を備えるとともに、第2駆動制御信号を生成するフィードフォワード制御部を備え、この第1駆動制御信号と第2駆動制御信号とを制御モード切替部によって切り替えて電動機を制御する。そして、この電動パワーステアリング装置は、PWM信号生成部で第1駆動制御信号または第2駆動制御信号に基づいて電動機制御信号を生成し、この電動機制御信号に基づいてブリッジ回路に

よって電動機をPWM駆動する。本実施の形態では、本発明に係る制限部をフィードフォワード制御部の後段に配して第2駆動制御信号の駆動電流を所定電流以下とする第1の実施の形態と、本発明に係る制限部をPWM信号生成部の後段に配してPWM信号のデューティ比を所定比以下とする第2の実施の形態について説明する。

【0015】まず、図1を参照して、電動パワーステアリング装置1の全体構成について説明する。

【0016】電動パワーステアリング装置1は、ステアリングホイール3から操舵輪W、Wに至るステアリング系Sに備えられ、手動操舵力発生手段2による操舵力をアシストする。そのために、電動パワーステアリング装置1は、制御装置20で電動機電圧VMを発生し、この電動機電圧VMによって電動機8を駆動して補助操舵トルク（補助操舵力）を発生させ、手動操舵力発生手段2による手動操舵力を軽減する。なお、本実施の形態では、電動機8が、特許請求の範囲に記載の電動機に相当する。

【0017】手動操舵力発生手段2は、ステアリングホイール3に一体に設けられたステアリング軸4に連結軸5を介してステアリング・ギアボックス6内に設けたラック&ピニオン機構7のピニオン7aが連結される。なお、連結軸5は、その両端に自在継ぎ手5a、5bを備える。ラック&ピニオン機構7は、ピニオン7aに噛み合うラック歯7bがラック軸9に形成され、ピニオン7aとラック歯7bの噛み合いにより、ピニオン7aの回転運動をラック軸9の横方向（車両幅方向）の往復運動とする。さらに、ラック軸9には、その両端にタイロッド10、10を介して、操舵輪としての左右の前輪W、Wが連結される。なお、手動操舵力発生手段2は、操舵輪W、Wの最大転舵角を規定するために、ラック軸9の移動を規制するストッパ（図示せず）を左右に各々備える。

【0018】また、電動パワーステアリング装置1は、補助操舵力（補助トルク）を発生させるために、電動機8が、ラック軸9と同軸上に配設される。そして、電動パワーステアリング装置1は、電動機8の回転をラック軸9と同軸に設けられたボールねじ機構11を介して推力に変換し、この推力をラック軸9（ボールねじ軸11a）に作用させる。ちなみに、ラック軸9の移動が前記したストッパ（図示せず）によって規制されると、電動機8の回転が止まる。

【0019】制御装置20は、車速センサVS、操舵トルクセンサTS、電動機電流検出手段21、電動機電圧検出手段22からの各検出信号V、T、IMO、VMOが入力される。そして、制御装置20は、フィードバック制御用に、検出信号V、T、IMO、VMOに基づいて電動機8に流す電動機電流IMの大きさと方向を決定し、制御モード切替部38に第1駆動制御信号C1を出力する（図2、図5参照）。また、制御装置20は、フ

ィードフォワード制御用に、検出信号V、Tに基づいて電動機8に流す電動機電流IMの大きさと方向を決定し、制御モード切替部38に第2駆動制御信号C2を出力する（図2、図5参照）。そして、制御装置20は、電動機電流検出手段21が異常／正常に基づいて制御モード切替部38で第1駆動制御信号C1と第2駆動制御信号C2を切り替えて、この駆動制御信号C1、C2に基づいて電動機駆動部40から電動機8に電動機電圧VMを印加する（図2、図5参照）。なお、本実施の形態では、操舵トルクセンサTSが特許請求の範囲に記載の操舵トルクセンサに相当し、電動機電流検出手段21が特許請求の範囲に記載の電動機電流検出手段に相当する。

【0020】なお、第1の実施の形態の制御装置20Aは、フィードフォワード制御部36の後段に駆動電流制限部37を備え、駆動電流制御部37で第2駆動制御信号C2の駆動電流を所定電流MI以下に制限し、電動機の回転が急に0になった際の瞬間電流の最大値を制限する（図2参照）。また、第2の実施の形態の制御装置20Bは、PWM信号生成部41の後段にデューティ比制限部44を備え、電動機電流検出手段21が故障の場合にデューティ比制限部44でPWM信号のデューティ比を所定比MD以下に制限し、電動機の回転が急に0になった際の瞬間電流の最大値を制限する（図5参照）。

【0021】車速センサVSは、車速を単位時間当たりのパルス数として検出し、検出したパルス数に対応したアナログ電気信号を車速信号Vとして制御装置20に送信する。なお、車速センサVSは、電動パワーステアリング装置1に車速信号Vを送信するためだけに設けられるものでなく、他のシステムにも車速信号Vを送信する。

【0022】操舵トルクセンサTSは、ステアリング・ギアボックス6内に配設され、ドライバによる手動操舵トルクの大きさと方向を検出する。そして、操舵トルクセンサTSは、検出した手動操舵トルクに対応したアナログ電気信号を操舵トルク信号Tとして制御装置20に送信する。なお、操舵トルク信号Tは、大きさを示す操舵トルクとトルクの向きを示すトルク方向の情報を含み、トルク方向は操舵トルクのプラス値／マイナス値で表され、プラス値は操舵トルク方向が右方向であり、マイナス値は操舵トルク方向が左方向である。

【0023】電動機電流検出手段21は、電動機8に対して直列に接続された抵抗またはホール素子等を備え、電動機8に実際に流れる電動機電流IMの大きさと方向を検出する。そして、電動機電流検出手段21は、電動機電流IMに対応した電動機電流信号IMOを制御装置20にフィードバック（負帰還）する。

【0024】電動機電圧検出手段22は、電動機8の両端の電圧を各々検出し、電動機8に実際に印加されている電動機電圧VMの大きさと方向を検出する。そして、

電動機電圧検出手段22は、電動機電圧VMに対応した電動機電圧信号VMOを制御装置20に送信する。

【0025】次に、図2を参照して、第1の実施の形態の制御装置20Aについて説明する。制御装置20Aは、電動機速度演算部30、センサ異常検出部31、異常表示部32、操舵トルク補正部33、目標電流設定部34、フィードバック制御部35、フィードフォワード制御部36、駆動電流制限部37、制御モード切替部38、アシスト禁止部39および電動機駆動部40から構成される。電動機駆動部40は、PWM信号生成部41、ゲート駆動回路部42および電動機駆動回路43を備える。なお、制御装置20Aは、各種演算や処理等を行うCPU(Central Processing Unit)を少なくとも2個備え、さらに、入力信号変換手段、信号発生手段、記憶手段、電源回路、電動機駆動回路等を備える。なお、本実施の形態では、センサ異常検出部31が特許請求の範囲に記載の故障検出部に相当し、目標電流設定部34が特許請求の範囲に記載の目標電流設定部に相当し、フィードバック制御部35が特許請求の範囲に記載の第1駆動制御信号生成部に相当し、フィードフォワード制御部36が特許請求の範囲に記載の第2駆動制御信号生成部に相当し、駆動電流制限部37が特許請求の範囲の請求項1および請求項2に記載の制限部に相当し、制御モード切替部38が特許請求の範囲に記載の制御モード切替部に相当し、電動機駆動部40が特許請求の範囲に記載の電動機駆動部に相当する。

【0026】電動機速度演算部30は、電動機電流検出手段21からの電動機電流信号IMOと電動機電圧検出手段22からの電動機電圧信号VMOが入力され、電動機8の実際の回転速度を演算し、電動機回転速度信号RSとしてセンサ異常検出部31等に出力する。電動機速度演算部30は、前記した式(1)に基づいて、電動機電流信号IMOと電動機電圧信号VMOから電動機の回転速度を演算する(なお、電動機の抵抗値と誘起電圧係数は定数である)。ちなみに、電動機回転速度信号RSは目標電流を補正する際のダンピング補正等に使用されるが、本実施の形態ではその詳細な説明は省略する。

【0027】センサ異常検出部31は、車速センサVSからの車速信号V、電動機電流検出手段21からの電動機電流信号IMO、電動機電圧検出手段22からの電動機電圧信号VMOと電動機速度演算部30からの電動機回転速度信号RSが入力され、制御モード切替部38とアシスト禁止部39に異常信号SAを出力するとともに、目標電流設定部34と異常表示部32に異常センサ種別情報SSを出力する。センサ異常検出部31は、車速信号V、電動機電流信号IMO、電動機電圧信号VMOおよび電動機回転速度信号RS等を監視し、各々の信号毎に予め設定した信号値の範囲を越えた場合、信号が検出されない場合、あるいは信号の変化が正常でない場

合を各センサの動作が異常と判断する。そして、センサ異常検出部31は、電動機電流信号IMOから電動機電流検出手段21の異常/正常を判断し、異常信号SAを出力する。なお、異常信号SAは、電動機電流検出手段21が異常時には論理レベルとして1が設定され、正常時には論理レベルとして0が設定される。さらに、センサ異常検出部31は、各信号から車速センサVS、各検出手段21、22および電動機速度演算部30の異常/正常を判断し、異常センサ種別情報SSを出力する。異常センサ種別情報SSは、車速センサVS、各検出手段21、22および電動機速度演算部30に対して論理レベルが各々設定され、各論理レベルにおいて異常時には1が設定され、正常時には0が設定される。なお、センサ異常検出部31は、異常信号SAおよび異常センサ種別情報SSを不揮発性メモリ(図示せず)に記憶させ、制御装置20Aが再起動された時も異常信号SAおよび異常センサ種別情報SSを保持している。

【0028】異常表示部32は、センサ異常検出部31からの異常センサ種別情報SSが入力され、車両の設けられた可視表示器(図示せず)または可聴出力器(図示せず)等にセンサ異常信号を出力する。なお、このセンサ異常信号は、異常センサ種別情報SSに基づいて、可視表示器または可聴出力器が各センサの異常/正常を個別に出力できるものの場合には各センサ別の異常情報とし、可視表示器または可聴出力器が電動パワーステアリング装置1の異常/正常を出力するものの場合には電動パワーステアリング装置1の異常情報とする。

【0029】操舵トルク補正部33は、操舵トルクセンサTSからの操舵トルク信号Tが入力され、目標電流設定部34に補正操舵トルク信号THを出力する。そのために、操舵トルク補正部33は、比例部33a、微分部33bおよび加算部33cを備える。比例部33aは、操舵トルク信号Tの変化をリニアに表すために、操舵トルク信号Tに係数を乗算し、比例項として加算部33cに出力する。微分部33bは、操舵トルク信号Tの応答性を向上させるために、操舵トルク信号Tを時間微分し、微分項として加算部33cに出力する。ちなみに、微分項は、ドライバがステアリングホイール3を右方向に操作している場合には、ドライバによる操作トルクが強められている時にはプラス値となり、操舵トルクが一定の時には0となり、操舵トルクが弱められている時にはマイナス値となる。また、微分項は、ドライバがステアリングホイール3を左方向に操作している場合には、ドライバによる操作トルクが強められている時にはマイナス値となり、操舵トルクが一定の時には0となり、操舵トルクが弱められている時にはプラス値となる。加算部33cは、比例部33aからの比例項と微分部33bからの微分項を加算し、補正操舵トルク信号THとして出力する。なお、補正操舵トルク信号THは、大きさを示す補正操舵トルクとトルクの向きを示すトルク方向の

情報を含み、トルク方向は補正操舵トルクのプラス値／マイナス値で表され、プラス値は補正操舵トルク方向が右方向であり、マイナス値は補正操舵トルク方向が左方向である。ちなみに、必要に応じて、積分部を設けて操舵トルク信号Tの積分項を演算し、積分項を加算部33cで加算してもよい。

【0030】目標電流設定部34は、操舵トルク補正部33からの補正操舵トルク信号TH、車速センサVSからの車速信号Vおよびセンサ異常検出部31からの異常センサ種別情報SSが入力され、フィードバック制御部35とフィードフォワード制御部36に目標電流信号ITを出力する。なお、目標電流信号ITには、電動機8に流したい電流の大きさを示す目標電流と電動機8に流したい電流の向きを示す電流方向の情報を含み、電流方向は目標電流のプラス値／マイナス値で表され、プラス値はアシスト方向が右方向であり、マイナス値はアシスト方向が左方向である。目標電流設定部34は、ROM (Read Only Memory) 等の記憶手段を備え、予め実験値または設計値に基づいて設定した補正操舵トルク信号THおよび車速信号Vと目標電流信号ITの対応するデータを記憶している。そして、目標電流設定部34は、異常センサ種別情報SSにおいて車速センサVSが正常の場合、補正操舵トルク信号THおよび車速信号Vをアドレスとして対応する目標電流信号ITを読み出す。図3には、補正操舵トルク信号および車速信号－目標電流信号の変換テーブルの一例を示す。図3に示すように、目標電流信号ITは、補正操舵トルク信号THが0近傍では0に対応づけられ、所定の補正操舵トルク信号（絶対値）以上になると補正操舵トルク信号THの増加に従って増加する値に対応づけられる。さらに、この補正操舵トルク信号THに対する目標電流信号ITの傾きは、車速信号Vによって変わる。この傾きは、車速信号Vに対して、路面反力の大きい低速の場合には大きい値（絶対値）が対応づけられ、走行時の安定性を確保するために高速の場合には小さい値（絶対値）が対応づけられている。つまり、車速が高速になるほど、補正操舵トルク信号THに対する目標電流信号ITの増分（絶対値）が少なくなる。なお、目標電流信号ITは、電動機8およびブリッジ回路43のパワーFET 43a～43dに流すことができる最大電流が規定されているので、最大目標電流以下に設定される。

【0031】また、目標電流設定部34は、異常センサ種別情報SSにおいて車速センサVSが異常の場合、フェイルアンドセーフの観点から車速信号Vを最大車速とし、補正操舵トルク信号THおよび車速信号Vをアドレスとして対応する目標電流信号ITを読み出す。つまり、車速を最大車速に設定して目標電流信号ITを小さくし、正常時より補助操舵トルクを低減させてドライバに電動パワーステアリング装置1の異常を認識させる。

【0032】フィードバック制御部35は、目標電流設

定部34からの目標電流信号ITと電動機電流検出手段21からの電動機電流信号IMOが入力され、制御モード切替部38に第1駆動制御信号C1を出力する。フィードバック制御部35は、目標電流信号ITと電動機電流信号IMOとの偏差が0に近づくように、PID (Proportional Integral Differential) 制御された第1駆動制御信号C1を生成する。そのために、フィードバック制御部35は、偏差演算部35aとPID制御部35bを備える。偏差演算部35aは、減算器またはソフト制御の減算機能を備え、目標電流信号ITから電動機電流信号IMOを減算し、偏差信号 $\Delta IM (= IT - IMO)$ を演算する。PID制御部35bは、偏差演算部35aからの偏差信号 ΔIM に対してP（比例）、I（積分）およびD（微分）制御を行い、偏差信号 ΔIM が0に近づくように電動機8に供給する電流を制御するための第1駆動制御信号C1を生成する。なお、第1駆動制御信号C1は、電動機8に供給する電流の大きさを示す駆動電流と電動機8に供給する電流の向きを示す電流方向の情報を含み、電流方向は駆動電流のプラス値／マイナス値で表され、プラス値はアシスト方向が右方向であり、マイナス値はアシスト方向が左方向である。

【0033】フィードフォワード制御部36は、目標電流設定部34からの目標電流信号ITが入力され、駆動電流制限部37に第2駆動制御信号C2を出力する。フィードフォワード制御部36は、前記した式(1)に示す電動機8の回転による逆起電力成分（式(1)の $K \cdot N$ 成分）による電動機電圧VMの消費を考慮して、目標電流信号ITより大きな値を第2駆動制御信号C2として生成する。つまり、目標電流信号ITをそのまま第2駆動制御信号C2とした場合、電動機8の回転によって逆起電力が発生するため、電動機8に流れる電動機電流IMは目標電流信号ITより小さくなる。そこで、電動機8の回転による逆起電力分を考慮して、目標電流信号ITに逆起電力に相当する所定の電流値を加算し、第2駆動制御信号C2を生成する。そのために、フィードフォワード制御部36は、逆起電力設定部36aと加算部36bを備える。逆起電力設定部36aは、ROM等の記憶手段を備え、所定の電流値で逆起電力電流CCを加算部36bに出力する。なお、逆起電力電流CCは、電動機8の特性等を考慮して決定される。加算部36bは、加算器またはソフト制御の加算機能を備え、目標電流信号ITの目標電流に逆起電力電流CCを加算し、第2駆動制御信号C2を生成する。なお、第2駆動制御信号C2は、電動機8に供給する電流の大きさを示す駆動電流と電動機8に供給する電流の向きを示す電流方向の情報を含み、電流方向は駆動電流のプラス値／マイナス値で表され、プラス値はアシスト方向が右方向であり、マイナス値はアシスト方向が左方向である。

【0034】駆動電流制限部37は、フィードフォー

ド制御部36からの第2駆動制御信号C2が入力され、制御モード切替部38に第2駆動制御信号C2の駆動電流に最大値制限を施した第2駆動制御信号C2を出力する。駆動電流制限部37は、電動機電流信号IMOに基づく制御ができないフィードフォワード制御時に電動機の回転が急に0になって第2駆動制御信号C2による駆動電流が瞬間的に増加し、電動機駆動回路43のパワーFET43a~43dに瞬間電流としてパワーFET43a~43dを破壊するほどの過大な電流が流れるのを防止するために、第2駆動制御信号C2の駆動電流を所定電流MI以下とする。つまり、ラック突き当て時等に電動機8の回転が急に止まると、電動機8の回転速度が0になるが、フィードフォワード制御の場合には制御遅れの影響によって、フィードフォワード制御部36からの第2駆動制御信号C2の駆動電流に基づく電動機電圧VMがほぼラック突き当て時の電圧値に維持されている。そのため、前記した式(1)から判るように、電動機電流IMが瞬間過大となる。そして、パワーFET43a~43dにも瞬間電流として過大な電流(120A以上)が流れるため、パワーFET43a~43dを破壊する恐れがある。そこで、常時、第2駆動制御信号C2の駆動電流を所定電流MI以下とし、パワーFET43a~43dに流れる瞬間電流の最大値を制限する。所定電流MIは、パワーFET43a~43dの特性等によってパワーFET43a~43dを絶対に破壊しない電流値以下にしか瞬間電流がならないようにに設定された駆動電流の最大値として設定され、本実施の形態では80Aとする。ちなみに、所定電流MIは、電動機8の回転速度が急に0になった場合に第2駆動制御信号C2の駆動電流がどの程度の増加率で増加するかを把握しておき、この増加率とパワーFET43a~43dを破壊する電流値等を考慮して設定される。なお、この所定電流MIは、絶対に電動機8に異常を発生させない電流値でもある。なお、ラック突き当て後、時間の経過に伴って、ラック突き当てによってドライバによる操舵トルクが小さくなるので、目標電流信号ITの目標電流が小さくなり、さらに第2駆動制御信号C2の駆動電流も小さくなるため、電動機電圧VMも小さくなる。

【0035】そこで、駆動電流制限部37は、所定電流設定部37aと駆動電流比較部37bを備える。所定電流設定部37aは、ROM等の記憶手段を備え、所定電流MIを駆動電流比較部37bに出力する。駆動電流比較部37bは、所定電流MIとフィードフォワード制御部36からの第2駆動制御信号C2の駆動電流を比較する。そして、駆動電流比較部37bは、フィードフォワード制御部36からの第2駆動制御信号C2の駆動電流が所定電流MIより大きい場合には、所定電流MIを駆動電流として第2駆動制御信号C2を生成し、制御モード切替部38に出力する。他方、駆動電流比較部37bは、フィードフォワード制御部36からの第2駆動制御

信号C2の駆動電流が所定電流MI以下の場合には、フィードフォワード制御部36からの第2駆動制御信号C2をそのまま制御モード切替部38に出力する。

【0036】制御モード切替部38は、フィードバック制御部35からの第1駆動制御信号C1、駆動電流制限部37からの第2駆動制御信号C2およびセンサ異常検出部31からの異常信号SAが入力され、電動機駆動部40のPWM信号生成部41に駆動制御信号CSを出力する。制御モード切替部38は、電動機電流検出手段21が正常の場合にはフィードバック制御に、電動機電流検出手段21が異常の場合にはフィードフォワード制御に電動機8の制御を切り替える。そのために、制御モード切替部38は、異常信号SAの論理レベルが0の場合にはフィードバック制御部35からの第1駆動制御信号C1を駆動制御信号CSとし、異常信号SAの論理レベルが1の場合には駆動電流制限部37からの第2駆動制御信号C2を駆動制御信号CSとし、PWM信号生成部41に駆動制御信号CSを出力する。駆動制御信号CSは、電動機8に供給する電流の大きさを示す駆動電流と電動機8に供給する電流の向きを示す電流方向の情報を含み、電流方向は駆動電流のプラス値/マイナス値で表され、プラス値はアシスト方向が右方向であり、マイナス値はアシスト方向が左方向である。

【0037】アシスト禁止部39は、操舵トルクセンサTSからの操舵トルク信号T、電動機電流検出手段21からの電動機電流信号IMO、センサ異常検出部31からの異常信号SAと制御モード切替部38からの駆動制御信号CSが入力され、ゲート駆動回路部42にアシスト禁止信号SBを出力する。アシスト禁止部39は、制御装置20AのメインのCPUが正常に動作しているかを監視するために、電動機電流検出手段21が正常の場合には操舵トルク信号Tと電動機電流信号IMOの関係および操舵トルク信号Tと駆動制御信号CSの関係を判定し、電動機電流検出手段21が異常の場合には操舵トルク信号Tと駆動制御信号CSの関係を判定する。なお、アシスト禁止部39は、制御装置20AのメインとなるCPUとは別のCPUで制御される。アシスト禁止部39は、異常信号SAが0(電動機電流検出手段21が正常)の場合にはマップM1(図4の(a)図参照)とマップM2(図4の(b)図参照)に基づいてアシスト禁止判定をし、異常信号SAが1(電動機電流検出手段21が異常)の場合にはマップM3(図4の(c)図参照)に基づいてアシスト禁止判定をする。

【0038】まず、電動機電流検出手段21が正常の場合について説明する。アシスト禁止部39は、ROM等の記憶手段を備え、予め実験値または設計値に基づいて設定した操舵トルク信号Tと電動機電流信号IMOの関係を示すマップM1(図4の(a)図参照)および操舵トルク信号Tと駆動制御信号CSの関係を示すマップM2(図4の(b)図参照)を記憶している。マップM1

は、横軸が操舵トルク信号Tであり、縦軸が電動機電流信号IMOである。操舵トルク信号Tのプラス領域（横軸の原点（0）の右側領域）はステアリングホイール3に右旋回方向の手動操舵トルクが入力された場合に対応し、操舵トルク信号Tのマイナス領域（横軸の原点（0）の左側領域）はステアリングホイール3に左旋回方向の手動操舵トルクが入力された場合に対応する。また、電動機電流信号IMOのプラス領域（縦軸の原点（0）の上側領域）は電動機8に右旋回方向の電流が流れる場合に対応し、電動機電流信号IMOのマイナス領域（縦軸の原点（0）の下側領域）は電動機8に左旋回方向の電流が流れる場合に対応する。マップM1のアシスト禁止領域M1a、M1aおよびM1b、M1bは、操舵トルク信号Tに対して望ましくない電動機電流信号IMOの領域であり、制御装置20AのメインのCPUが異常であると判断できる領域である。なお、アシスト禁止領域M1a、M1aは、ダンピング制御や電動機8に対するイナーシャ制御を考慮すると実際の走行中には満たされる可能のある条件であるため、この領域に入っても100mS未満であればアシストを禁止しない領域である（つまり、アシスト禁止領域M1a、M1aに100mS以上入れば、アシストを禁止する）。また、アシスト禁止領域M1b、M1bは、ダンピング制御やイナーシャ制御を考慮しても入らない領域であるため、この領域に1mSでも入るとアシストを禁止する領域である。また、マップM2は、横軸が操舵トルク信号Tであり、縦軸が駆動制御信号CSである。操舵トルク信号Tのプラス領域（横軸の原点（0）の右側領域）はステアリングホイール3に右旋回方向の手動操舵トルクが入力された場合に対応し、操舵トルク信号Tのマイナス領域（横軸の原点（0）の左側領域）はステアリングホイール3に左旋回方向の手動操舵トルクが入力された場合に対応する。また、駆動制御信号CSのプラス領域（縦軸の原点（0）の上側領域）は電動機8が右旋回方向のトルクを出力する場合に対応し、駆動制御信号CSのマイナス領域（縦軸の原点（0）の下側領域）は電動機8が左旋回方向のトルクを出力する場合に対応する。マップM2のアシスト禁止領域M2a、M2aは、操舵トルク信号Tに対して望ましくない駆動制御信号CSの領域であり、制御装置20AのメインのCPUが異常であると判断できる領域である。そこで、アシスト禁止部39は、マップM1およびマップM2を検索し、操舵トルク信号Tと電動機電流信号IMOの関係がマップM1のアシスト禁止領域M1a、M1aの領域に100mS以上およびマップM1のアシスト禁止領域M1b、M1bの領域に1mS以上ある場合、または操舵トルク信号Tと駆動制御信号CSの関係がマップM2のアシスト禁止領域M2a、M2aの領域にある場合にはアシスト禁止信号SBの論理レベルとして1を設定し、それ以外の場合にはアシスト禁止信号SBの論理レベルとして0を

設定し、ゲート駆動回路部42に出力する。アシスト禁止信号SBの論理レベルの設定は、前記設定に限定されず、ゲート駆動回路部42の論理回路の構成等に対応して設定する。ちなみに、マップM1とマップM2による判定条件は、マップM1による判定条件の方が厳しく、電動機電流検出手段21が正常の場合には殆どマップM1の判定条件でアシストが禁止される。

【0039】次に、電動機電流検出手段21が異常の場合について説明する。電動機電流検出手段21が異常の場合には電動機電流信号IMOによるマップM1での判定条件を用いることができない。そこで、駆動制御信号CSによるマップM2の判定条件を厳しくしたマップM3（図4の（c）図参照）を用いてアシスト禁止判定を行なう。なお、制御装置20AのメインのCPUが正常の場合、通常、手動操舵トルクの付加されている方向に対して同方向にアシストするために、駆動制御信号CSには電動機8に供給する電流に対する電流方向として手動操舵トルクの付加されている方向が設定される。例えば、ドライバがステアリングホイール3を右方向に操作した場合、駆動制御信号CSには右方向に補助操舵トルクを発生させるための電動機8に供給する電流の向きを示す電流方向が設定される。しかし、制御装置20AのメインのCPUが正常の場合でも、操舵トルク補正部33の微分部33bの作用によって、手動操舵トルクの付加されている方向に対して逆方向にアシストするために、駆動制御信号CSには電動機8に供給する電流に対する電流方向が通常時とは逆方向に設定される場合がある。例えば、ドライバがステアリングホイール3を右方向に操作しているが手動操舵トルクを弱めている場合、微分部33bによる微分項がマイナス値になり、補正操舵トルク信号TH中の操舵トルクの大きさがマイナス値（左方向）になる場合がある。そのとき、操舵トルク信号Tの方向が右方向にもかかわらず、駆動制御信号CSの電動機8に供給する電流に対する電流方向が左方向になる（図4の（c）図のa点参照）。ところが、制御装置20AのメインのCPUが異常の場合には、操舵トルク信号Tに基づいて設定される駆動制御信号CSの電流方向および駆動電流が明らかに異常な値となる（図4の（c）図のb点等参照）。そこで、アシスト禁止部39は、ROM等の記憶手段を備え、予め実験値または設計値に基づいて設定した操舵トルク信号Tと駆動制御信号CSの関係を示すマップM3（図4の（c）図参照）を記憶している。マップM3は、マップM2のアシスト禁止領域M2a、M2aに代わって、M3a、M3aの領域をアシスト禁止領域とする。このアシスト禁止領域M3a、M3aは、操舵トルク信号Tに対して望ましくない駆動制御信号CSの領域であり、制御装置20AのメインのCPUが異常であると判断できる領域である。なお、アシスト禁止領域M3a、M3aは、マップM2のアシスト禁止領域M2a、M2aのアシストの禁止を開

始する操舵トルク信号 T_2 、 $-T_2$ より絶対値が小さい操舵トルク信号 T_3 、 $-T_3$ からアシストを禁止する（つまり、マップ M_3 は、マップ M_2 の判定条件より厳しい判定条件となっている）。そこで、アシスト禁止部39は、マップ M_3 を検索し、操舵トルク信号 T と駆動制御信号 CS の関係がマップ M_3 のアシスト禁止領域 M_{3a} 、 M_{3a} の領域にある場合にはアシスト禁止信号 SB の論理レベルとして1を設定し、アシスト禁止領域 M_a 、 M_a 以外の場合にはアシスト禁止信号 SB の論理レベルとして0を設定し、ゲート駆動回路部42に出力する。アシスト禁止信号 SB の論理レベルの設定は、前記設定に限定されず、ゲート駆動回路部42の論理回路の構成等に対応して設定する。

【0040】PWM信号生成部41は、制御モード切替部38からの駆動制御信号 CS が入力され、ゲート駆動回路部42に電動機制御信号 MS を出力する。PWM信号生成部41は、駆動制御信号 CS に基づいて、電動機8に供給する電動機電流の向きと電流値に対応したPWM信号、オン信号、オフ信号を生成する。PWM信号は、電動機駆動回路43のパワーFET43aのゲート G_1 またはパワーFET43bのゲート G_2 に入力され、駆動制御信号 CS の駆動電流の大きさに応じてパワーFET43aまたはパワーFET43bをPWM駆動する信号である。なお、PWM信号がゲート G_1 かゲート G_2 のどちらのゲートに入力されるかは、駆動制御信号 CS の駆動電流の極性（電流方向）によって決まる。そして、ゲート G_1 にPWM信号が入力される場合には、パワーFET43dのゲート G_4 にオン信号が入力され、パワーFET43dがオン駆動される。他方、ゲート G_2 にPWM信号が入力される場合には、パワーFET43cのゲート G_3 にオン信号が入力され、パワーFET43cがオン駆動される。また、ゲート G_1 またはゲート G_2 のうちPWM信号が入力されないゲートにはオフ信号が入力され、パワーFET43aまたはパワーFET43bはオフされる。このとき、ゲート G_1 にオフ信号が入力された場合には、パワーFET43dのゲート G_4 にもオフ信号が入力され、パワーFET43dもオフされる。他方、ゲート G_2 にオフ信号が入力された場合には、パワーFET43cのゲート G_3 にもオフ信号が入力され、パワーFET43cもオフされる。なお、電動機制御信号 MS は、ゲート $G_1 \sim G_4$ に出力するPWM信号、オン信号、オフ信号で構成され、ゲート駆動回路部42で論理判定される。

【0041】ゲート駆動回路部42は、PWM信号生成部41からの電動機制御信号 MS とアシスト禁止部39からのアシスト禁止信号 SB が入力され、電動機駆動回路43の各ゲート $G_1 \sim G_4$ を駆動するために電動機制御信号 MS を出力する。なお、ゲート駆動回路部42は、アシスト禁止信号 SB の論理レベルが1の時、電動機8による補助操舵トルクの発生を禁止する。すなわ

ち、ゲート駆動回路部42は、制御装置20AのメインのCPUが異常の時、電動機8によるアシストを禁止する。そのために、ゲート駆動回路部42は、図示しない4つのNOT回路と4つのAND回路からなる論理回路を備える。そして、ゲート駆動回路部42は、アシスト禁止信号 SB を4つのNOT回路で4つのAND回路に各々反転出力する。さらに、ゲート駆動回路部42は、4つのAND回路に電動機制御信号 MS の電動機駆動回路43のゲート $G_1 \sim G_4$ に対する各信号とNOT回路の各反転出力が各々入力され、4つのAND回路から電動機駆動回路43のゲート $G_1 \sim G_4$ に対して電動機制御信号 MS を出力する。そして、ゲート駆動回路部42は、アシスト禁止信号 SB の論理レベルが1の時には電動機制御信号 MS として全てオフ信号を出力し、アシスト禁止信号 SB の論理レベルが0の時には電動機制御信号 MS としてPWM信号生成部41からの電動機制御信号 MS をそのまま出力する。

【0042】電動機駆動回路43は、ゲート駆動回路部42から論理判定された電動機制御信号 MS が入力され、この電動機制御信号 MS に基づいて電動機電圧 VM を電動機8に印加し、電動機8に電動機電流 IM を出力する。電動機駆動回路43は、4個のパワーFET43a、43b、43c、43dのスイッチング素子からなるブリッジ回路で構成され、電源電圧から12Vの電圧が供給される。さらに、電動機駆動回路43は、電動機8がパワーFET43aとパワーFET43dの間に直列にかつパワーFET43bとパワーFET43cの間に直列に接続される。パワーFET43a、43bは、各ゲート G_1 、 G_2 にPWM信号またはオフ信号が入力され、PWM信号が入力されて論理レベル1の時にオンする。パワーFET43c、43dは、各ゲート G_3 、 G_4 にオン信号またはオフ信号が入力され、オン信号が入力された時にオンする。そして、電動機駆動回路43は、パワーFET43a、43b、43c、43dの各ゲート G_1 、 G_2 、 G_3 、 G_4 に電動機制御信号 MS が各々入力されると、電動機制御信号 MS に基づいて電動機8に電動機電圧 VM を印加する。すると、電動機8には電動機電流 IM が流れ、電動機8は正転駆動または逆転駆動して電動機電流 IM に比例した補助操舵トルクを発生する。なお、電動機8に印加される電動機電圧 VM は、PWM信号のデューティ比によって決定される。そして、電動機8に流れる電動機電流 IM は、電動機電圧 VM に対応する。例えば、PWM信号のデューティ比が70%（すなわち、7（論理レベル1）：3（論理レベル0））の場合、 $12V \times (7/10) = 8.4V$ が電動機電圧 VM となり、電動機8に連続して8.4Vが印加されていることになる。

【0043】それでは、図1乃至図4を参照して、電動パワーステアリング装置1における制御装置20Aによる制御について説明する。ここでは、制御装置20A

が、電動機電流検出手段21が正常でフィードバック制御により電動機8を制御する場合と、電動機電流検出手段21が異常でフィードフォワード制御により電動機8を制御する場合について説明する。

【0044】電動機電流検出手段21が異常／正常にかかわらず、制御装置20Aは、操舵トルク補正部33で操舵トルク信号Tに基づいて補正操舵トルク信号THを生成する。そして、制御装置20Aは、目標電流設定部34で補正操舵トルク信号THと車速信号Vに基づいて目標電流信号ITを設定する。さらに、制御装置20Aは、フィードバック制御部35で目標電流信号ITと電動機電流信号IMOとの偏差 ΔIM に基づいて第1駆動制御信号C1を生成する。また、制御装置20Aは、フィードフォワード制御部36で目標電流信号ITに基づいて第2駆動制御信号C2を生成する。さらに、制御装置20Aは、駆動電流制限部37でフィードフォワード制御36からの第2駆動制御信号C2の駆動電流を所定電流MI以下に制限する。

【0045】また、制御装置20Aは、センサ異常検出部31で各種センサからの各信号を監視し、各種センサが異常／正常かを判定する。特に、センサ異常検出手段31は、電動機電流検出手段21が正常の場合には異常信号SAの論理レベルを0にし、電動機電流検出手段21が異常の場合には異常信号SAの論理レベルを1にして制御モード切替部38に出力する。

【0046】異常信号SAの論理レベルが0の場合、制御装置20Aは、制御モード切替部38で第1駆動制御信号C1を駆動制御信号CSとして電動機駆動部40に出力し、電動機8をフィードバック制御する。電動機駆動部40は、実際に電動機8に流れている電動機電流信号IMOが考慮された第1駆動制御信号C1によって電動機制御信号MSを生成し、この電動機制御信号MSに基づいて電動機駆動回路43から電動機8に電動機電圧VMを印加する。すると、電動機8には電動機電流IMが流れ、この電動機電流IMに対応した補助操舵トルクが発生する。ちなみに、ラック突き当てにより電動機8の回転が急に止まっても、制御装置20Aは、電動機電流信号IMOによってフィードバック制御するので、電流制限をかけることができる。したがって、電動機8には瞬間電流として第1駆動制御信号C1による駆動電流が増加された電動機電流IMが流れるが、パワーFET43a～43dを破壊するほどの過大な瞬間電流は流れない。

【0047】なお、制御装置20Aは、アシスト禁止部39で操舵トルク信号Tと電動機電流信号IMOとの関係がマップM1のアシスト禁止領域M1a、M1aに100mS以上かアシスト禁止領域M1b、M1b内に1mS以上の場合または操舵トルク信号Tと駆動制御信号CSとの関係がマップM2のアシスト禁止領域M2a、M2a内にある場合（図4参照）、メインのCPUが異

常と判定する。そのとき、制御装置20Aは、アシスト禁止部39からゲート駆動回路部42にアシスト禁止信号SBの論理レベルとして1を出力する。そして、制御装置20Aは、ゲート駆動回路部42で全てオフ信号とする電動機制御信号MSを生成し、この電動機制御信号MSに基づいて電動機駆動回路43から電動機8への電動機電圧VMの印加を停止する。すると、電動機8への電動機電流IMの供給が停止され、補助操舵トルクも発生しない。

【0048】異常信号SAの論理レベルが1の場合、制御装置20Aは、制御モード切替部38で第2駆動制御信号C2を駆動制御信号CSとして電動機駆動部40に出力し、電動機8をフィードフォワード制御する。電動機駆動部40は、所定電流MI以下に制限された第2駆動制御信号C2によって電動機制御信号MSを生成し、この電動機制御信号MSに基づいて電動機駆動回路43から電動機8に電動機電圧VMを印加する。すると、フィードフォワード制御の場合には、通常、電動機8には所定電流MI以下の電動機電流IMが流れ、この電動機電流IMに対応した補助操舵トルクが発生する。また、ラック突き当てにより電動機8の回転が急に止まって、式(1)の逆起電力成分（式(1)中の $K \cdot N$ 成分）が0になった場合でも、制御装置20Aは、フィードフォワード制御時には、第2駆動制御信号C2による駆動電流を所定電流MI以下としているため、電動機8の特性等による増加率で駆動電流が瞬間的に増加される瞬間電流の最大値も制限することができる。したがって、電動機8には制限された瞬間電流として電動機電流IMが流れ、パワーFET43a～43dには破壊するほどの過大な瞬間電流が流れない。例えば、瞬間電流になる際の増加率を40%増とすると、第2駆動制御信号C2による駆動電流は80A以下に制限されるので、電動機8には瞬間電流は112A以下に制限される。ちなみに、フィードフォワード制御時には第2駆動制御信号C2による駆動電流を所定電流MI以下に制限されるが、通常操舵時（操舵トルクTの小さい時）の操舵フィーリングはフィードバック制御時と変わらない。

【0049】なお、制御装置20Aは、アシスト禁止部39で操舵トルク信号Tと駆動制御信号CSとの関係がマップM3のアシスト禁止領域M3a、M3a内にある場合（図4の(c)図参照）、メインのCPUが異常と判定する。そのとき、制御装置20Aは、アシスト禁止部39からゲート駆動回路部42にアシスト禁止信号SBの論理レベルとして1を出力する。そして、制御装置20Aは、ゲート駆動回路部42で全てオフ信号とする電動機制御信号MSを生成し、この電動機制御信号MSに基づいて電動機駆動回路43から電動機8への電動機電圧VMの印加を停止する。すると、電動機8への電動機電流IMの供給が停止され、補助操舵トルクも発生しない。

【0050】この制御装置20Aを備える電動パワーステアリング装置1によれば、フィードバック制御時には、電動機電流検出手段21からの電動機電流信号IMOのフィードバックによって、電動機8に流れる電動機電流IMを電流制限できる。また、電動パワーステアリング装置1は、フィードフォワード制御時には、駆動電流制限部37によって電動機8に流す第2駆動制御信号C2による駆動電流を所定電流MI以下とする。したがって、電動パワーステアリング装置1は、電動機8の回転が急に止まって回転速度が0になっても瞬間電流の最大値を制限し、電動機8には過大な電動機電流IMを流さないで、パワーFET43a~43dにも破壊するほどの過大な瞬間電流を流さない。

【0051】次に、図5を参照して、第2の実施の形態の制御装置20Bについて説明する。なお、制御装置20Bは、第1の実施の形態の制御装置20Aに対して第2駆動制御信号C2の最大値を制限する手段のみ異なり、他の構成については制御装置20Aと同一である。そこで、制御装置20Bの説明では、制御装置20Aと同一の構成については同一の符号を付し、同一の構成についての詳細な説明を省略する。制御装置20Bは、電動機速度演算部30、センサ異常検出部31、異常表示部32、操舵トルク補正部33、目標電流設定部34、フィードバック制御部35、フィードフォワード制御部36、制御モード切替部38、アシスト禁止部39および電動機駆動部40から構成される。電動機駆動部40は、PWM信号生成部41、ゲート駆動回路部42、電動機駆動回路43およびデューティ比制限部44を備える。つまり、制御装置Bは、制御装置20Aの駆動電流制限部37（図2参照）に代えて、デューティ比制限部44によって第2駆動制御信号C2の最大値を制限する。なお、制御装置20Bは、各種演算や処理等を行うCPUを少なくとも2個備え、さらに、入力信号変換手段、信号発生手段、記憶手段、電源回路、電動機駆動回路等を備える。なお、本実施の形態では、デューティ比制限部44が、特許請求の範囲の請求項1および請求項3に記載の制限部に相当する。

【0052】なお、制御装置20Bでは、フィードフォワード制御部36から制御モード切替部38に第2駆動制御信号C2を直接出力する。また、制御装置20Bでは、センサ異常検出部31から制御モード切替部38とデューティ比制限部44にも異常信号SAを出力する。

【0053】デューティ比制限部44は、PWM信号生成部41からの電動機制御信号MSとセンサ異常検出部31からの異常信号SAが入力され、ゲート駆動回路部42に電動機制御信号MSのPWM信号に所定比でデューティ比制限を施した電動機制御信号MSを出力する。デューティ比制限部44は、電動機電流信号IMOに基づく制御ができないフィードフォワード制御時に、電動機電流IMが過大となり、電動機駆動回路43のパワー

FET43a~43dに瞬間電流として過大な電流が流れるのを防止するために、電動機制御信号MSのPWM信号のデューティ比を所定比MD以下とする。つまり、ラック突き当て時等に電動機8の回転が急に止まると、電動機8の回転速度が0になるが、フィードフォワード制御の場合には制御遅れの影響によって、フィードフォワード制御部36からの第2駆動制御信号C2の駆動電流に基づく電動機電圧VMがほぼラック突き当て時の電圧値に維持されている。そのため、前記した式(1)から判るように、電動機電流IMが瞬間的に過大となる。そして、パワーFET43a~43dにも瞬間電流として過大な電流(120A以上)が流れるため、パワーFET43a~43dを破壊する恐れがある。そこで、フィードフォワード制御の場合には、ゲートG1またはゲートG2に入力される電動機制御信号MSのPWM信号のデューティ比を所定比MD以下とし、電動機8には所定比MD以下で最大値が制限された電動機電圧VMが印加される。そのため、電動機8の特性等による増加率で増加される瞬間電流の最大値も制限され、パワーFET43a~43dにはこの制限された瞬間電流しか流れないようにする。所定比MDは、第2駆動制御信号C2による駆動電流が瞬間電流として増加されても、この瞬間電流が絶対にパワーFET43a~43dを破壊しない電流値以下になるように設定された駆動電流の最大値以下とするための電動機電圧VMに基づくPWM信号のデューティ比以下に設定され、本実施の形態では50%とする(つまり、電動機8には連続して6V(=12V×(5/10))以下の電動機電圧VMしか印加されない)。ちなみに、所定比MDは、電動機8の回転速度が急に0になった場合に第2駆動制御信号C2の駆動電流がどの程度の増加率で増加するかを把握しておき、この増加率、電動機駆動回路43の電源電圧値とパワーFET43a~43dを破壊する電流値等を考慮して設定される。なお、この所定比MDは、絶対に電動機8に異常を発生させないデューティ比でもある。なお、ラック突き当て後、時間経過に伴って、ラック突き当てによってドライバによる操舵トルクが小さくなるので、目標電流信号ITの目標電流が小さくなり、さらに第2駆動制御信号C2の駆動電流が小さくなるため、電動機制御信号MSのPWM信号のデューティ比も小さくなる。

【0054】そこで、デューティ比制限部44は、所定比設定部44aとデューティ比比較部44bを備える。所定比設定部44aは、ROM等の記憶手段を備え、所定比MDをデューティ比比較部44bに出力する。デューティ比比較部44bには、PWM信号生成部41からの電動機制御信号MS中でゲートG1とゲートG2に入力される信号(PWM信号とオフ信号)のみ入力される。したがって、PWM信号生成部41からの電動機制御信号MS中でゲートG3とゲートG4に入力される信号(オン信号とオフ信号)は、直接、PWM信号生成部

4 1 からゲート駆動回路部 4 2 に入力される。デューティ比比較部 4 4 b は、異常信号 S A の論理レベルにかかわらず、PWM 信号生成部 4 1 からの電動機制御信号 M S のゲート G 1 またはゲート G 2 に対するオフ信号をそのままゲート駆動回路部 4 2 に出力する。そして、デューティ比比較部 4 4 b は、異常信号 S A の論理レベルが 0 の場合（すなわち、フィードバック制御の場合）、PWM 信号生成部 4 1 からの電動機制御信号 M S のゲート G 1 またはゲート G 2 に対する PWM 信号をそのままゲート駆動回路部 4 2 に出力する。また、デューティ比比較部 4 4 b は、異常信号 S A の論理レベルが 1 の場合（すなわち、フィードフォワード制御の場合）、PWM 信号生成部 4 1 からの電動機制御信号 M S のゲート G 1 またはゲート G 2 に対する PWM 信号のデューティ比と所定比 M D を比較する。そして、デューティ比比較部 4 4 b は、PWM 信号生成部 4 1 からの PWM 信号のデューティ比が所定比 M D より大きい場合には、所定比 M D を PWM 信号のデューティ比として PWM 信号を生成し、ゲート駆動回路部 4 2 に出力する。他方、デューティ比比較部 4 4 b は、PWM 信号生成部 4 1 からの PWM 信号のデューティ比が所定比 M D 以下の場合には、PWM 信号生成部 4 1 からの PWM 信号をそのままゲート駆動回路部 4 2 に出力する。

【0055】それでは、図 1 および図 5 を参照して、電動パワーステアリング装置 1 における制御装置 20 B による制御について説明する。ここでは、制御装置 20 B が、電動機電流検出手段 21 が正常でフィードバック制御により電動機 8 を制御する場合と、電動機電流検出手段 21 が異常でフィードフォワード制御により電動機 8 を制御する場合について説明する。なお、制御装置 20 B が前記した制御装置 20 A と同一の制御を行う説明については、その制御の説明を省略する。

【0056】電動機電流検出手段 21 が異常／正常にかかわらず、制御装置 20 B は、操舵トルク補正部 33 で操舵トルク信号 T に基づいて補正操舵トルク信号 T H を生成する。そして、制御装置 20 B は、目標電流設定部 34 で補正操舵トルク信号 T H と車速信号 V に基づいて目標電流信号 I T を設定する。さらに、制御装置 20 B は、フィードバック制御部 35 で目標電流信号 I T と電動機電流信号 I M O との偏差 $\Delta I M$ に基づいて第 1 駆動制御信号 C 1 を生成する。また、制御装置 20 B は、フィードフォワード制御部 36 で目標電流信号 I T に基づいて第 2 駆動制御信号 C 2 を生成する。そして、異常信号 S A の論理レベルが 0 の場合、制御装置 20 B は、制御モード切替部 38 で第 1 駆動制御信号 C 1 を駆動制御信号 C S として電動機駆動部 40 に出力し、電動機 8 をフィードバック制御する。また、異常信号 S A の論理レベルが 1 の場合、制御装置 20 B は、制御モード切替部 38 で第 2 駆動制御信号 C 2 を駆動制御信号 C S として電動機駆動部 40 に出力し、電動機 8 をフィードフォ

ード制御する。続いて、制御装置 20 B は、PWM 信号生成部 41 で駆動制御信号 C S に基づいて電動機制御信号 M S を生成し、電動機制御信号 M S 中のゲート G 1 とゲート G 2 に対する信号をデューティ比制限部 44 に出力し、電動機制御信号 M S 中のゲート G 3 とゲート G 4 に対する信号をゲート駆動回路部 42 に出力する。

【0057】異常信号 S A の論理レベルが 0 の場合、制御装置 20 B は、デューティ比制限部 44 で PWM 信号生成部 41 からの電動機制御信号 M S 中のゲート G 1 とゲート G 2 に対する信号（PWM 信号とオフ信号）をそのままゲート駆動回路部 42 に出力する。そして、制御装置 20 B は、ゲート駆動回路部 42 で論理判定された電動機制御信号 M S に基づいて、電動機 8 をフィードバック制御する。なお、制御装置 20 B は、PWM 信号生成部 41 で実際に電動機 8 に流れている電動機電流信号 I M O が考慮された第 1 駆動制御信号 C 1 によって電動機制御信号 M S を生成し、この電動機制御信号 M S に基づいて電動機駆動回路 43 から電動機 8 に電動機電圧 V M を印加する。すると、電動機 8 には電動機電流 I M が流れ、この電動機電流 I M に対応した補助操舵トルクが発生する。ちなみに、ラック突き当てにより電動機 8 の回転が急に止まっても、制御装置 20 B は、電動機電流信号 I M O によってフィードバック制御するので、電流制限をかけることができる。したがって、電動機 8 には瞬間電流として第 1 駆動制御信号 C 1 による駆動電流が増加された電動機電流 I M が流れるが、パワー F E T 43 a ~ 43 d を破壊するほどの過大な瞬間電流が流れない。

【0058】異常信号 S A の論理レベルが 1 の場合、制御装置 20 B は、デューティ比制限部 44 で PWM 信号生成部 41 からの電動機制御信号 M S 中のゲート G 1 またはゲート G 2 に対する PWM 信号のデューティ比を所定比 M D 以下に制限してゲート駆動回路部 42 に出力するとともに、電動機制御信号 M S 中のゲート G 1 またはゲート G 2 に対するオフ信号をそのままゲート駆動回路部 42 に出力する。そして、制御装置 20 B は、ゲート駆動回路部 42 で論理判定された電動機制御信号 M S に基づいて、電動機 8 をフィードフォワード制御する。なお、制御装置 20 B は、デューティ比制限部 44 で PWM 信号のデューティ比を所定比 M D 以下に制限しているので、電動機駆動回路 43 から電動機 8 にデューティ比制限された PWM 信号によって発生する電動機電圧 V M を印加する。すると、フィードフォワード制御の場合には、通常、所定比 M D 以下に制限された電動機電圧 V M によって、電動機 8 には最大値が制限された電動機電流 I M が流れ、この電動機電流 I M に対応した補助操舵トルクが発生する。また、ラック突き当てにより電動機 8 の回転が急に止まって、式 (1) の逆起電力成分（式 (1) 中の $K \cdot N$ 成分）が 0 になった場合でも、制御装置 20 B は、フィードフォワード制御時には、所定比 M

D以下に制限された電動機電圧VMを電動機8に印加し、電動機8に流す駆動電流の最大値を制限している。そのため、電動機8の特性等による増加率で瞬間的に増加される瞬間電流も最大値が制限される。したがって、電動機8には限された瞬間電流として電動機電流IMが流れ、パワーFET43a~43dには破壊するほどの過大な瞬間電流が流れない。

【0059】この制御装置20Bを備える電動パワーステアリング装置1によれば、フィードバック制御時には、電動機電流検出手段21からの電動機電流信号IMOのフィードバックによって、電動機8に流れる電動機電流IMを電流制限できる。また、電動パワーステアリング装置1は、フィードフォワード制御時には、デューティ比制限部44で所定比MD以下に制限されたPWM信号によって電動機電圧VMの最大値を制限する。したがって、電動パワーステアリング装置1は、電動機8の回転が急に止まって回転速度が0になっても瞬間電流の最大値が制限され、電動機8には過大な電動機電流IMが流れないので、パワーFET43a~43dには破壊するほどの過大な瞬間電流が流れない。ちなみに、フィードフォワード制御時にはPWM信号のデューティ比が所定比MD以下に制限されるが、通常操舵時（操舵トルクTの小さい時）の操舵フィーリングはフィードバック制御時と変わらない。

【0060】以上、本発明は、前記の実施の形態に限定されることなく、様々な形態で実施される。例えば、第2駆動制御信号C2の最大値を制限する手段として駆動電流制御部37またはデューティ比制限部44としたが、これらの手段に限定するものでない。

【0061】

【発明の効果】本発明の請求項1に係る電動パワーステアリング装置は、フィードフォワード制御時に、制限部によって最大値制限された第2駆動制御信号に基づいて電動機が制御されるので、電動機に流す駆動電流の最大値が制限される。そのため、この電動パワーステアリング装置は、フィードフォワード制御の場合に電動機の回転が急に0になって瞬間電流として駆動電流が増加しても、第2駆動制御信号の最大値制限によって電動機には最大値制限された瞬間電流が流れる。その結果、電動パワーステアリング装置は、フィードフォワード制御でも、FETには過大な瞬間電流を流すことがないので、FETを破壊することはない。なお、この電動パワーステアリング装置は、フィードフォワード制御時における通常操舵時の操舵フィーリングとしてはフィードバック制御時の操舵フィーリングと変わらない。

【0062】本発明の請求項2に係る電動パワーステアリング装置は、制限部によって第2駆動制御信号の駆動電流を所定電流以下に制限するので、フィードフォワード制御の場合に電動機の回転が急に0になっても、電動機には最大値制限された瞬間電流しか流さない。その結

果、FETには破壊するほどの過大な瞬間電流は流れない。

【0063】本発明の請求項3に係る電動パワーステアリング装置は、フィードフォワード制御時には制限部によって所定比以下のデューティ比で電動機をPWM駆動するため、電動機にはこの所定比以下で発生する電動機電圧しか印加しない。したがって、電動パワーステアリング装置は、フィードフォワード制御の場合に電動機の回転が急に0になっても、電動機には（所定比で発生する電動機電圧／電動機の抵抗値）以下の駆動電流しか流さないで、電動機には最大値制限された瞬間電流しか流さない。その結果、FETには破壊するほどの過大な瞬間電流は流れない。

【図面の簡単な説明】

【図1】本実施の形態に係る電動パワーステアリング装置の全体構成図である。

【図2】第1の実施の形態に係る制御装置のブロック構成図である。

【図3】図2の目標電流設定部の補正操舵トルク信号および車速信号—目標電流信号の変換テーブルである。

【図4】図2のアシスト禁止部のアシスト禁止領域を示すマップであり、（a）は電動機電流検出手段が正常の時に使用する操舵トルク信号—電動機電流信号の特性図、（b）は電動機電流検出手段が正常の時に使用する操舵トルク信号—駆動制御信号の特性図、（c）は電動機電流検出手段が異常の時に使用する操舵トルク信号—駆動制御信号の特性図である。

【図5】第2の実施の形態に係る制御装置のブロック構成図である。

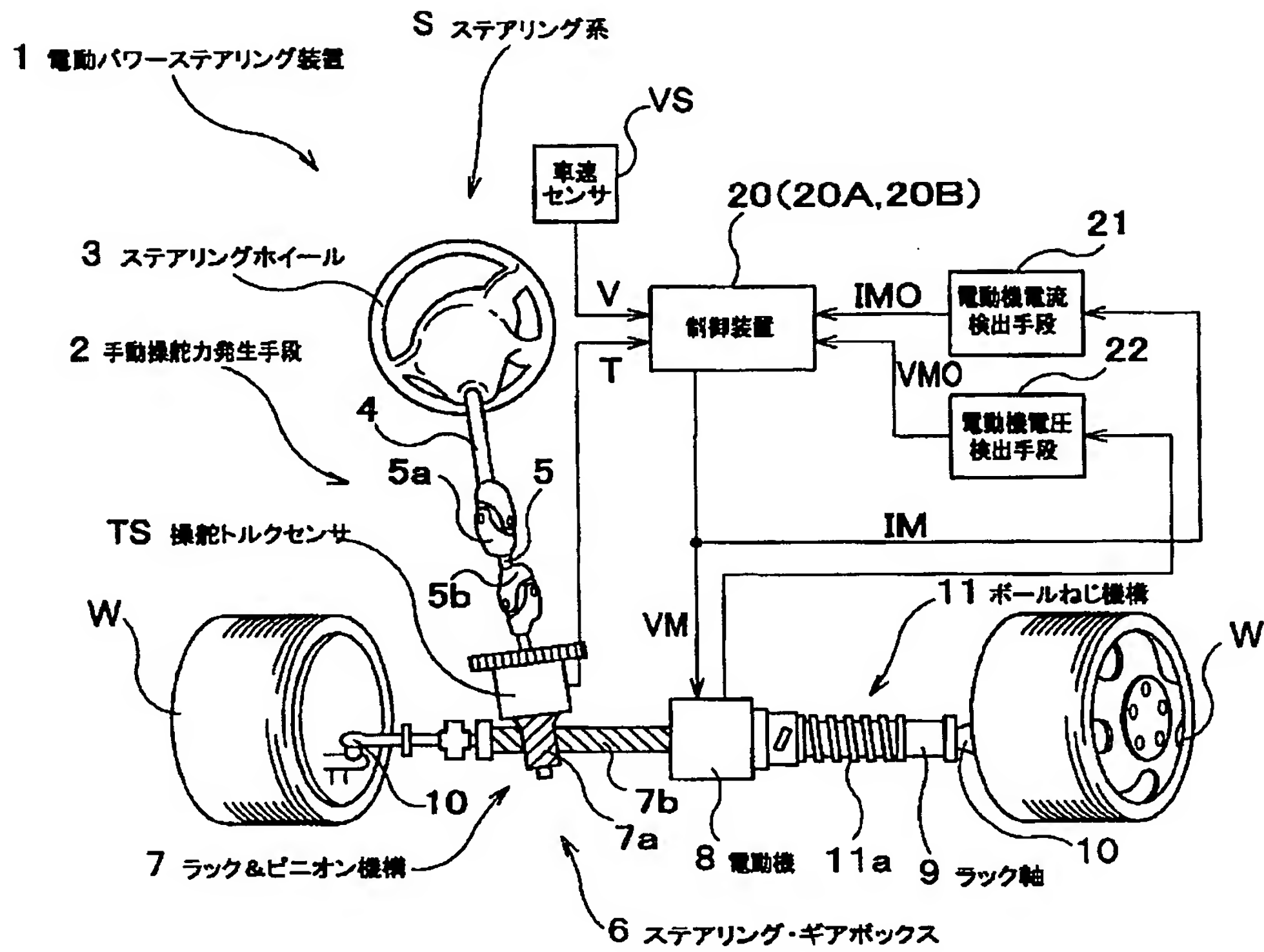
【図6】従来の電動パワーステアリング装置においてフィードフォワード制御時の時間—電動機電流の特性図であり、ラック突き当てがあった場合を示す。

【符号の説明】

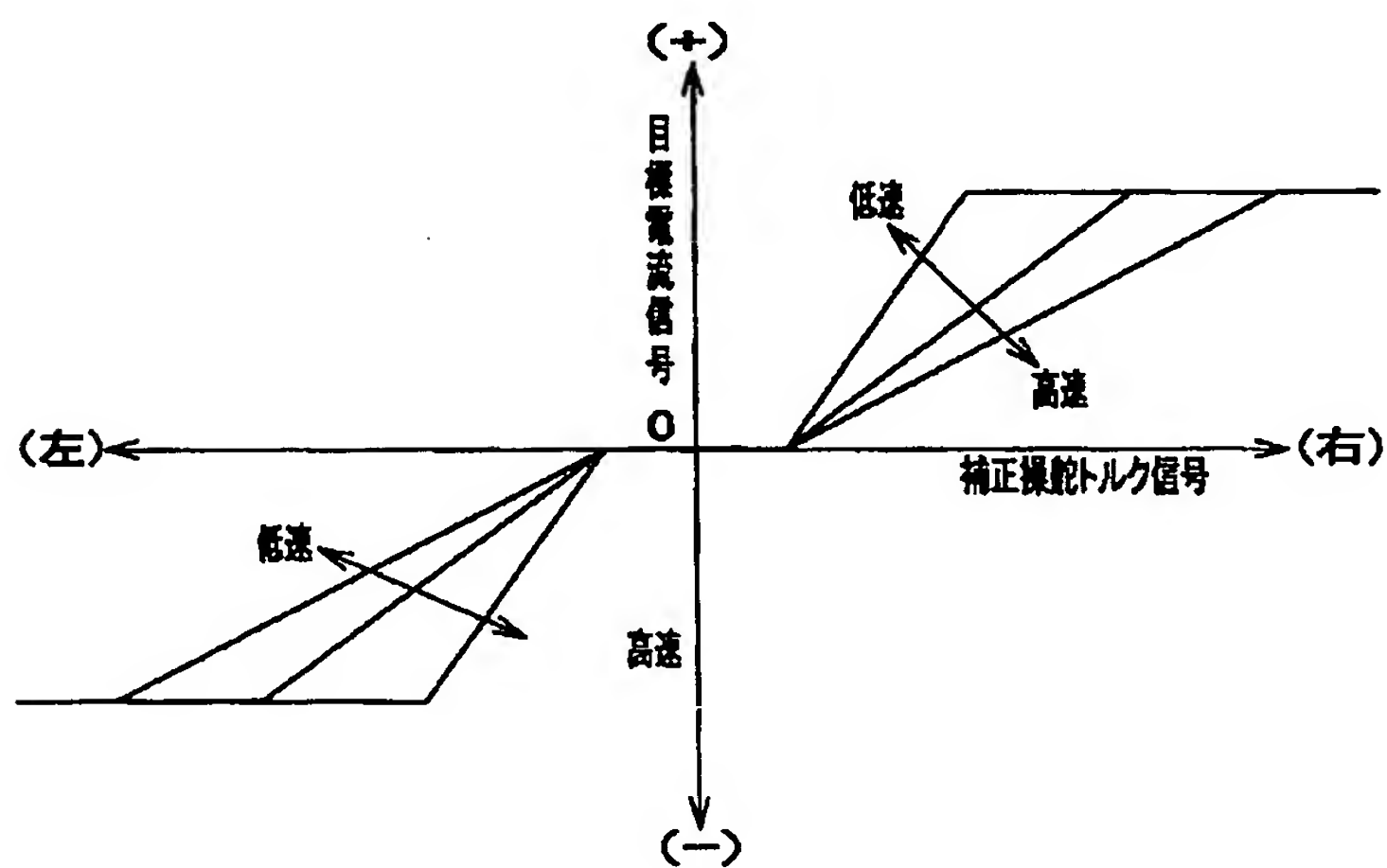
- 1・・・電動パワーステアリング装置
- 8・・・電動機
- 20, 20A, 20B・・・制御装置
- 21・・・電動機電流検出手段
- 31・・・センサ異常検出部（故障検出部）
- 34・・・目標電流設定部
- 35・・・フィードバック制御部（第1駆動制御信号生成部）
- 36・・・フィードフォワード制御部（第2駆動制御信号生成部）
- 37・・・駆動電流制限部（制限部）
- 38・・・制御モード切替部
- 40・・・電動機駆動部
- 41・・・PWM信号生成部（パルス幅変調信号生成部）
- 44・・・デューティ比制限部（制限部）
- S・・・ステアリング系

TS・・・操舵トルクセンサ

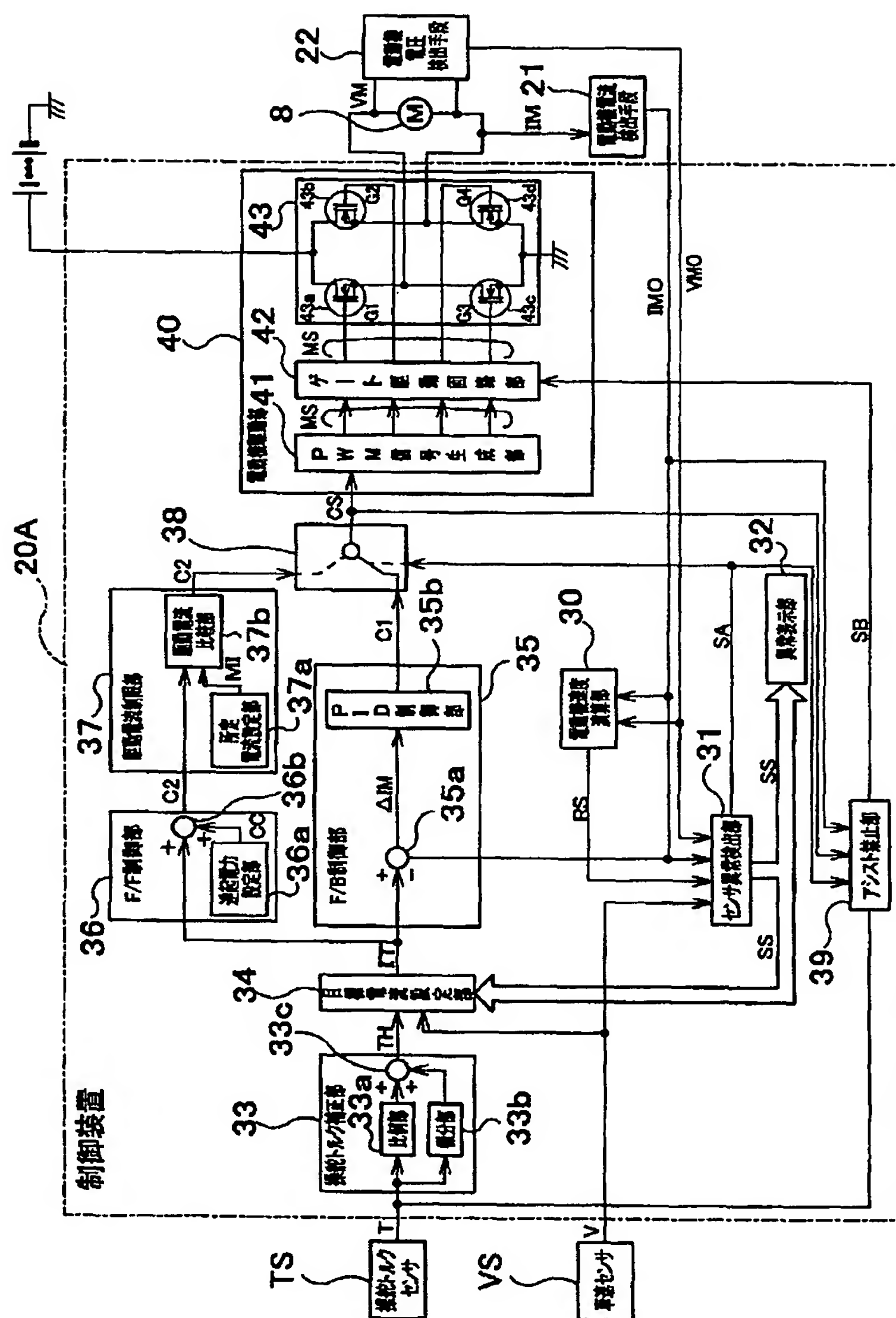
【図1】



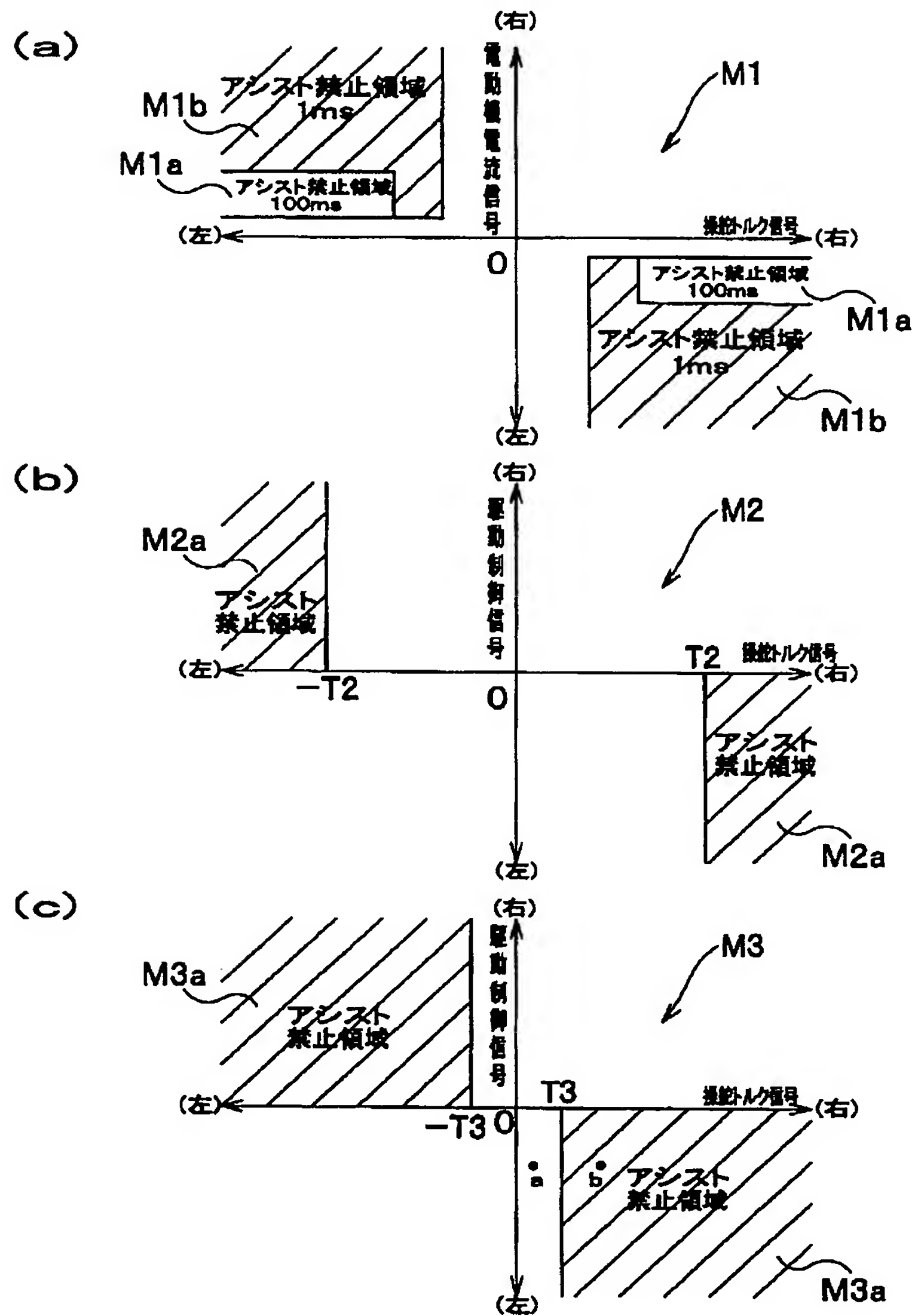
【図3】



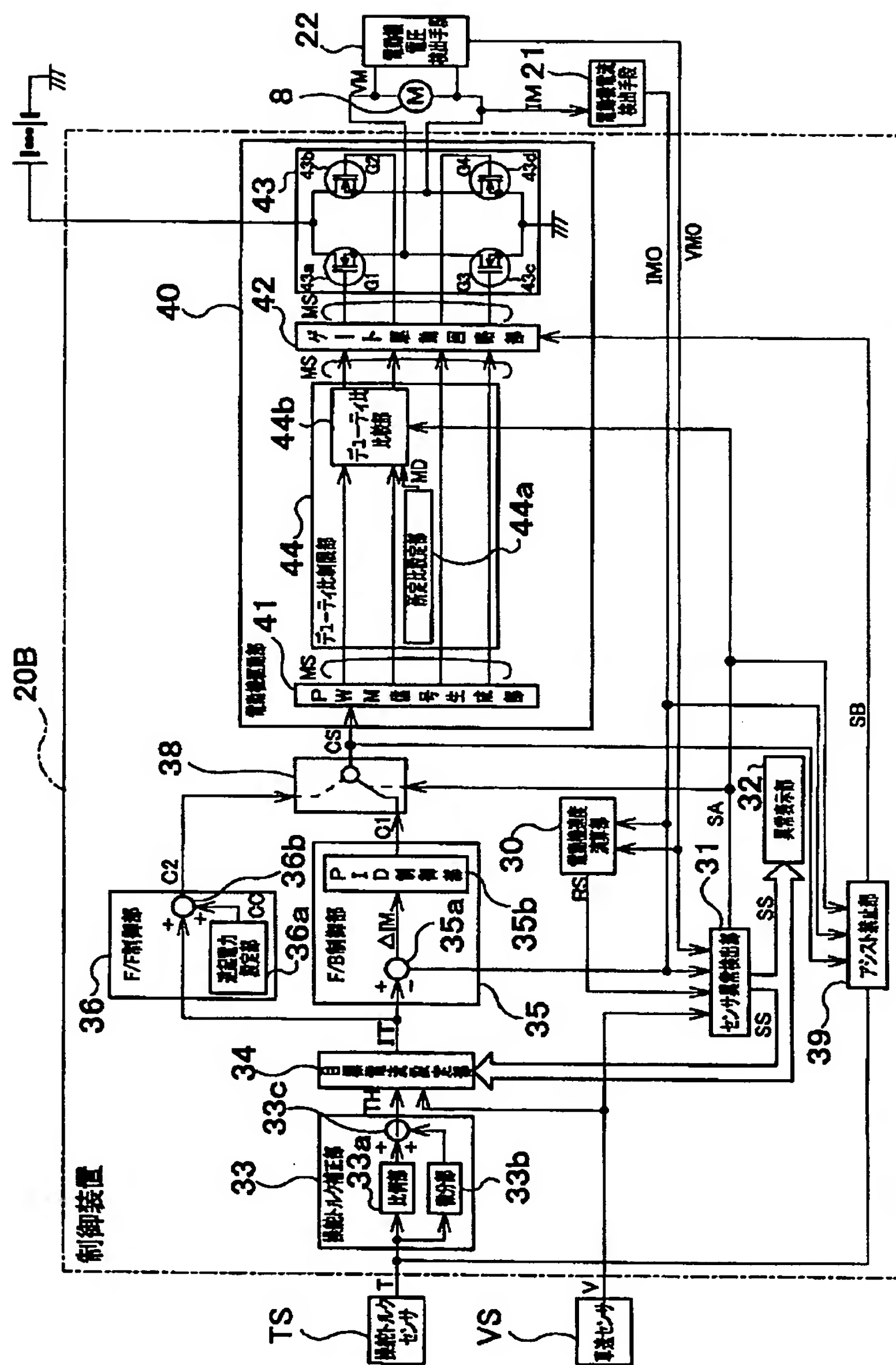
【図2】



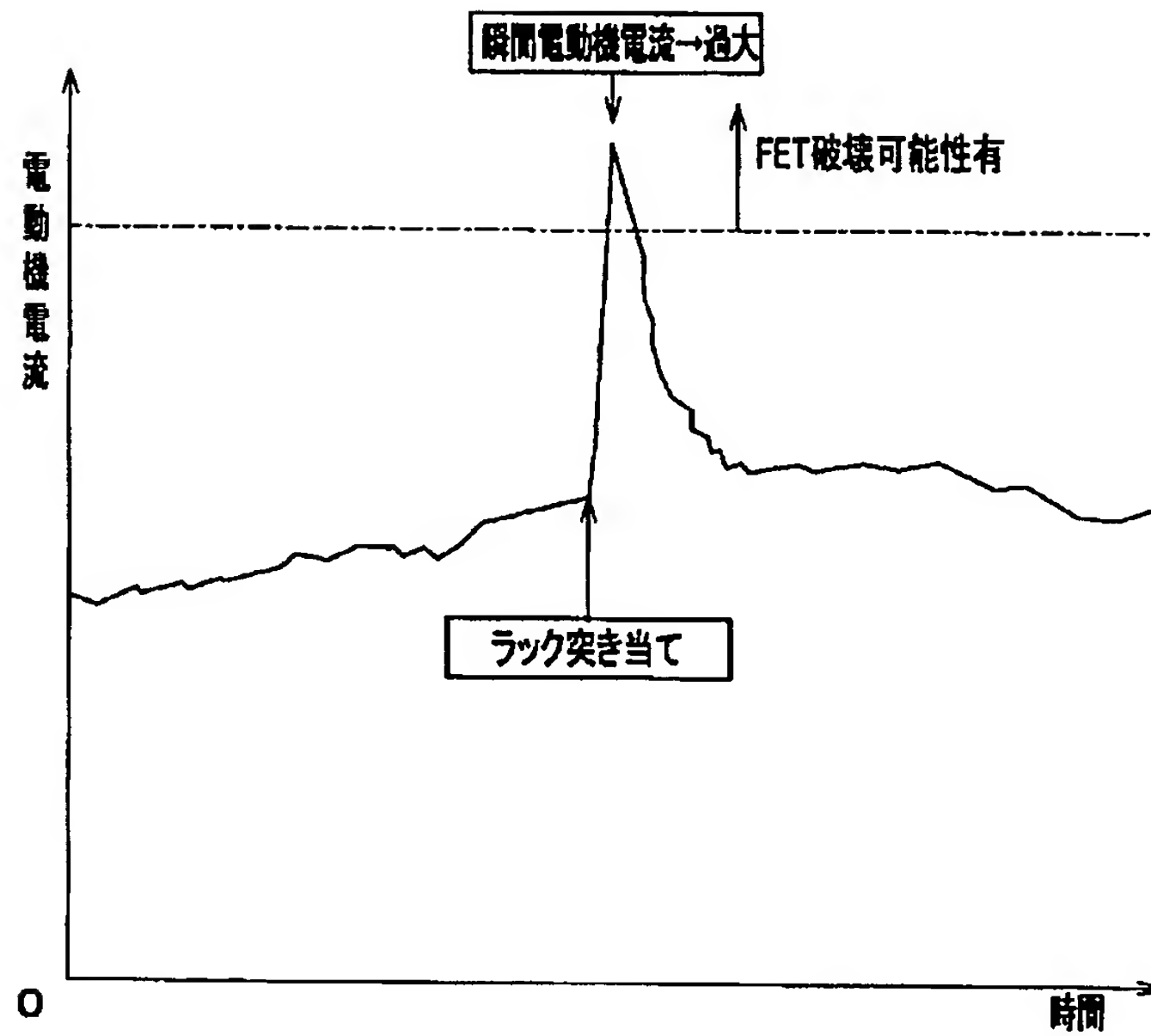
【図4】



【図5】



【図6】



フロントページの続き

Fターム(参考) 3D032 CC28 CC35 CC39 CC40 DA15
DA23 DA64 DA65 DD10 DD17
DE09 EA01 EC23 GG01
3D033 CA03 CA13 CA16 CA20 CA31
CA33
5H571 AA03 CC02 EE02 GG04 GG05
HA09 HB01 HC02 HD03 LL22
LL23 MM02

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-287658

(43)Date of publication of application : 16.10.2001

(51)Int.Cl.

B62D 6/00
B62D 5/04
H02P 5/17
// B62D101:00
B62D119:00

(21)Application number : 2000-103438

(71)Applicant : HONDA MOTOR CO LTD

(22)Date of filing : 05.04.2000

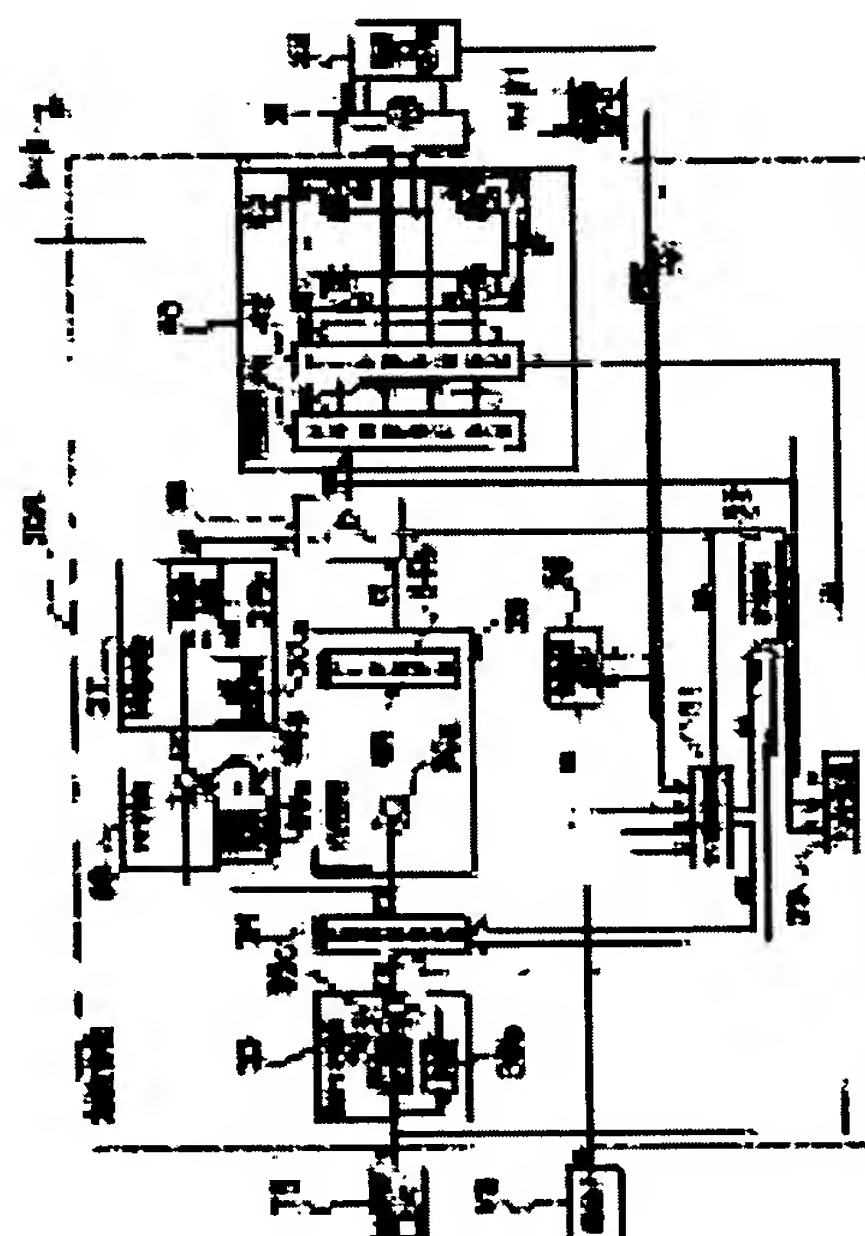
(72)Inventor : NORO EIKI
MUKAI YOSHINOBU

(54) MOTOR-DRIVEN POWER STEERING DEVICE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a motor-driven power steering device preventing breakage of a field effect transistor during feed forward control.

SOLUTION: This motor-driven power steering device is provided with a target current setting part 34 setting a target current to be fed to a motor 8 and outputting a target current signal IT, a first drive control signal generating part 35 generating a first drive control signal C1 for driving the motor 8 on the basis of a deviation Δ IM between the target current signal IT and a motor current signal IMO, a second drive control signal generating part 36 generating a second drive signal C2 for driving the motor 8 on the basis of the target current signal IT, a control mode switching part 38 switching to the first drive control signal C1 when a motor current detecting means 21 is normal and switching to the second drive control signal C2 during failure of the motor current detecting means 21 for controlling the motor 8, and a motor driving part 40 rotatively driving the motor 8. It is featured in that it is provided with a limiting part 37 limiting a maximum value of the second drive control signal C2.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

*** NOTICES ***

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

[Claim(s)]

[Claim 1] The motor which adds auxiliary steering torque to a steering system. The steering torque sensor which detects the steering torque which acts on the aforementioned steering system, and outputs a steering torque signal. A motor current detection means to detect the motor current which flows to the aforementioned motor, and to output a motor current signal, The fault detection section which detects failure of the aforementioned motor current detection means, and the target current setting section which sets up the target current supplied to the aforementioned motor based on the aforementioned steering torque signal at least, and outputs a target current signal, The 1st drive control signal generation section which generates and outputs the 1st drive control signal for driving the aforementioned motor based on the deflection of the aforementioned target current signal and the aforementioned motor current signal, The 2nd drive control signal generation section which generates and outputs the 2nd drive control signal for driving the aforementioned motor based on the aforementioned target current signal, When the aforementioned fault detection section has detected the aforementioned motor current detection means as it is normal, it changes to the aforementioned 1st drive control signal. The control mode change section which changes to the aforementioned 2nd drive control signal, and controls the aforementioned motor when the aforementioned fault detection section has detected the aforementioned motor current detection means with failure, The motor mechanical component which drives [normal-rotation-] or drives [inversion-] the aforementioned motor by the bridge circuit constituted from four field-effect transistors based on the drive control signal from the aforementioned control mode change section. It is electric power-steering equipment equipped with the above, and is characterized by having the limit section which restricts the maximum of the aforementioned 2nd drive control signal.

[Claim 2] The aforementioned limit section is electric power-steering equipment according to claim 1 characterized by comparing the drive current and predetermined current of the aforementioned 2nd drive control signal, and outputting the aforementioned predetermined current as the aforementioned 2nd drive control signal when the aforementioned drive current is large.

[Claim 3] In order that the aforementioned motor mechanical component may carry out the PDM

drive of the field-effect transistor of the aforementioned bridge circuit It has the PDM signal generation section which generates and outputs a PDM signal based on the drive control signal from the aforementioned control mode change section. the aforementioned control section When the aforementioned fault detection section has detected the aforementioned motor current detection means with failure Electric power-steering equipment according to claim 1 characterized by comparing the duty ratio and predetermined ratio of the aforementioned PDM signal, and outputting the aforementioned predetermined ratio as the aforementioned PDM signal when the aforementioned duty ratio is large.

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[The technical field to which invention belongs] this invention relates to the electric power-steering equipment which is made to carry out direct action of the motor power to a steering system, and mitigates the control force of a driver.

[0002]

[Description of the Prior Art] Electric power-steering equipment assists a driver [control force], using the driving force of a motor directly. Generally, electric power-steering equipment detects the current which flows to a motor with a motor current detection means, and is carrying out feedback control of the motor by the target current set up based on this detected current, steering torque, etc. Furthermore, when failure of a motor current detection means is detected, electric power-steering equipment amends the target current set up based on steering torque etc., and is carrying out feedforward control of the motor based on this amended target current.

[0003] For example, sometimes feedback control is usually performed and the electric power-steering equipment with which a motor current detector performs feedforward control at the time of failure is indicated by JP,11-49002,A by the applicant for this patent. In order to detect the steering torque of a steering system, this electric power-steering equipment is equipped with a steering torque detector, while it equips a motor and this motor with the motor current detector which detects the motor current which actually flows, in order to add auxiliary torque to a steering system. And electric power-steering equipment is equipped with the target current setting section which sets up the target current supplied to a motor based on steering torque at least. Furthermore, electric power-steering equipment equips feedforward control with the 2nd drive control signal generation section which generates the 2nd drive control signal for carrying out drive control of the motor based on target current while equipping feedback control with the 1st drive control signal generation section which generates the 1st drive control signal for carrying out drive control of the motor based on the deflection of target current and motor current. Moreover, it has the fault detection section which detects failure of detectors, such as a motor current detector, electric power-steering equipment is changed to the 1st drive control

signal, when this fault detection machine has not detected failure of a motor current detector, and when the fault detection machine has detected failure of a motor current detector, it is equipped with the motor operation-control mode change section which changes to the 2nd drive control signal and controls operation of a motor. That is, a motor current detector performs feedback control based on the 1st drive control signal at the time of normal, and, as for this electric power-steering equipment, a motor current detector performs feedforward control based on the 2nd drive control signal at the time of failure.

[0004] Incidentally, electric power-steering equipment carries out the PWM (Pulse Width Modulation : PDM) drive of the motor by the bridge circuit which consists of four FET (Field Effect Transister : field-effect transistor). In addition, a motor is respectively connected in series between two FET of the opposite side of a bridge circuit. And electric power-steering equipment impresses motor voltage to a motor from this bridge circuit, passes motor current, and rotates normally or drives [inversion] a motor. In addition, this motor current is flowing also to FET. Then, electric power-steering equipment changes the rotation torque of a motor into a thrust by the ball thread, is made to act on a rack shaft, and assists the vehicles cross direction [movement / straight-line] of a rack shaft. In addition, motor voltage is not consumed as motor current for all rotating a motor. That is, as shown in the relational expression of the rotational speed of the motor voltage shown in several 1 formula (1), motor current, and a motor, motor voltage is consumed also as a counter-electromotive-force component (K-N component of a formula (1)) by rotation of a motor, in order to rotate a motor (IM-RM component of a formula (1)).

[0005]

[Equation 1]

$$VM = IM \cdot RM + K \cdot N \quad (1)$$

VM : 電動機電圧

IM : 電動機電流

RM : 電動機の抵抗値

K : 誘起電圧係数

N : 電動機の回転速度

[0006] Moreover, by the steering system, the maximum ***** is set up so that the steering wheel which is ****(ing) may not contact a tire house etc. Therefore, in order to regulate movement of the vehicles cross direction of a rack shaft in a steering system, right and left are equipped with the stopper. For example, if a driver steers a steering wheel rightward, by the steering system, a rack shaft carries out straight-line movement rightward, and a steering wheel **** rightward. Furthermore, if the driver increases the amount of steering of a steering wheel, straight-line movement of a rack shaft will be regulated for a rack shaft in a stopper (it is hereafter indicated as "rack thrust reliance"), and **** of a steering wheel will also stop at a steering system.

[0007]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] By the way, at the time of rack thrust reliance, rotation of the motor with which electric power-steering equipment is acting on a rack shaft when movement of a rack shaft stops also stops. Although the rotational speed of a motor is then set to 0 suddenly, motor voltage is maintaining the voltage value at the time of rack thrust reliance mostly according to control delay. Therefore, although a counter-electromotive-force component (K-N component of a formula (1)) is set to 0 as shown in said formula (1), since the motor voltage VM hardly changes, motor current IM becomes excessive at the moment (refer to drawing 6). Consequently, an overcurrent (for example, about [120A] current) flows as a momentary current to FET of a bridge circuit, and there is a possibility that FET may break. Incidentally, the current which the electric power-steering equipment which can perform feedback control and feedforward control increased [in the case of feedback control] from the drive current controlled by the 2nd drive control signal in the case of the 1st drive control signal or feedforward control flows to a motor or FET as a momentary current. However, since this electric power-steering equipment can perform current limiting by the feedback control based on the motor current detected with the motor current detection means in the case of feedback control, it can stop low the rate of increase of the current increased as a momentary current. Therefore, motor current excessive as a momentary current does not flow to a motor, and a momentary current to the extent that FET is destroyed also to FET does not flow. For example, if the rate of increase is an increase of 20% to the drive current by the 1st drive control signal in the case of feedback control, though the drive current of 80A will be passed to a motor, as a momentary current, it is below 100A. However, this electric power-steering equipment is generating the bigger 2nd drive control signal than a target current signal beforehand in consideration of the counter-electromotive-force component (K-N component) of a formula (1) at the time of feedforward control. Since the motor current detection means is moreover out of order and the feedback control based on motor current cannot perform current limiting, the rate of increase of the current increased as a momentary current cannot be stopped low. Therefore, if a counter-electromotive-force component (K-N component of a formula (1)) is set to 0, by big motor voltage and the big rate of increase, momentarily excessive motor current will flow and, as for electric power-steering equipment, an overcurrent will flow as a momentary current also to FET. For example, as a momentary current, it is set to 140A noting that the drive current of 100A will be passed to a motor, if the increment from the increase of 40% and the target current by the counter-electromotive-force component is set to 20A to drive current according the rate of increase to the 2nd drive control signal in the case of feedforward control. Consequently, in the case of feedforward control, with this electric power-steering equipment, FET may be destroyed by the excessive momentary current.

[0008] Then, the technical problem of this invention is to offer the electric power-steering

equipment which prevents destruction of a field-effect transistor beforehand at the time of feedforward control.

[0009]

[Means for Solving the Problem] The electric power-steering equipment concerning this invention which solved the aforementioned technical problem The motor which adds auxiliary steering torque to a steering system, and the steering torque sensor which detects the steering torque which acts on the aforementioned steering system, and outputs a steering torque signal, A motor current detection means to detect the motor current which flows to the aforementioned motor, and to output a motor current signal, The fault detection section which detects failure of the aforementioned motor current detection means, and the target current setting section which sets up the target current supplied to the aforementioned motor based on the aforementioned steering torque signal at least, and outputs a target current signal, The 1st drive control signal generation section which generates and outputs the 1st drive control signal for driving the aforementioned motor based on the deflection of the aforementioned target current signal and the aforementioned motor current signal, The 2nd drive control signal generation section which generates and outputs the 2nd drive control signal for driving the aforementioned motor based on the aforementioned target current signal, When the aforementioned fault detection section has detected the aforementioned motor current detection means as it is normal, it changes to the aforementioned 1st drive control signal. The control mode change section which changes to the aforementioned 2nd drive control signal, and controls the aforementioned motor when the aforementioned fault detection section has detected the aforementioned motor current detection means with failure, It is electric power-steering equipment equipped with the motor mechanical component which drives [normal-rotation-] or drives [inversion-] the aforementioned motor by the bridge circuit constituted from four field-effect transistors based on the drive control signal from the aforementioned control mode change section. It is characterized by having the limit section which restricts the maximum of the aforementioned 2nd drive control signal. According to this electric power-steering equipment, the maximum of the drive current by which drive control is carried out based on the 2nd drive control signal is restricted by restricting the maximum of the 2nd drive control signal by the limit section. Therefore, even if in the case of feedforward control rotation of a motor is suddenly set to 0 and drive current increases electric power-steering equipment as a momentary current, to a motor, the momentary current by which the maximum limit was carried out flows by maximum limit of the 2nd drive control signal, and a momentary current to the extent that FET is destroyed does not flow. In addition, it is restricting the maximum of the momentary current which makes the drive current passed to the motor by which drive control is carried out to restricting the maximum of the 2nd drive control signal based on the 2nd drive control signal below a predetermined value, and flows to a motor or FET further. Moreover, this predetermined value should just be the maximum of the drive

current set up so that it might become below the current value to which this momentary current does not destroy FET by any means, even if the drive current by the 2nd drive control signal is increased as a momentary current. (For example, in consideration of the rate of increase at the time of becoming a momentary current, the maximum of the 2nd drive control signal is set up so that it may carry out to below the current value to which the manufacture maker of FET is doing security of the maximum of a momentary current of operation) . Incidentally, since the rate of increase at the time of becoming a momentary current is decided by the property of a motor etc., it is necessary to grasp it by experiment etc. beforehand.

[0010] Moreover, in the aforementioned electric power-steering equipment, the aforementioned limit section compares the drive current and predetermined current of the aforementioned 2nd drive control signal, and when the aforementioned drive current is large, it is characterized by outputting the aforementioned predetermined current as the aforementioned 2nd drive control signal. Since according to this electric power-steering equipment the limit section restricts the drive current of the 2nd drive control signal to below predetermined current even if rotation of a motor is suddenly set to 0 in the case of feedforward control, to the motor driven by this drive current, the momentary current by which the maximum limit was carried out flows.

Consequently, to FET, a momentary current excessive like it destroys does not flow. In addition, predetermined current should just be the maximum of the drive current set up so that it might become below the current value to which this momentary current does not destroy FET by any means, even if the drive current by the 2nd drive control signal is increased as a momentary current. With the gestalt of this operation, predetermined current is set as 80A.

[0011] In the aforementioned electric power-steering equipment or the aforementioned motor mechanical component In order to carry out the PDM drive of the field-effect transistor of the aforementioned bridge circuit It has the PDM signal generation section which generates and outputs a PDM signal based on the drive control signal from the aforementioned control mode change section. the aforementioned control section When the aforementioned fault detection section has detected the aforementioned motor current detection means with failure, the duty ratio and predetermined ratio of the aforementioned PDM signal are compared, and when the aforementioned duty ratio is large, it is characterized by outputting the aforementioned predetermined ratio as the aforementioned PDM signal. According to this electric power-steering equipment, at the time of feedforward control, in order to carry out the PWM drive of the motor only with the duty ratio below a predetermined ratio by the limit section, only the motor voltage generated below in this predetermined ratio is impressed to a motor. Therefore, since electric power-steering equipment passes only the following drive current to a motor (resistance of the motor voltage / motor generated in a predetermined ratio) even if rotation of a motor is suddenly set to 0 in the case of feedforward control, to a motor, only the momentary current by which the maximum limit was carried out flows. Consequently, to FET, a momentary current excessive like

it destroys does not flow. In addition, a predetermined ratio is set up in consideration of the supply voltage impressed to a bridge circuit based on the motor voltage for carrying out to below the maximum of the drive current set up so that it might become below the current value to which this momentary current does not destroy FET by any means, even if the drive current by the 2nd drive control signal is increased as a momentary current. With the gestalt of this operation, a predetermined ratio is set up to 50%, and when the supply voltage impressed to a bridge circuit is 12V, the motor voltage of a maximum of 6 V is continuously impressed to a motor. [0012]

[Embodiments of the Invention] Hereafter, with reference to a drawing, the gestalt of operation of the electric power-steering equipment concerning this invention is explained.

[0013] The electric power-steering equipment concerning this invention can restrict the maximum of this momentary current, even if rotation of a motor is suddenly set to 0 and the drive current by the 2nd drive control signal increases momentarily by restricting the maximum of the 2nd drive control signal in the limit section at the time of feedforward control. Therefore, to all FET of the bridge circuit which drives a motor, the momentary current the maximum limit was carried out [the momentary current] by the drive current restricted to below maximum flows. in addition, in this invention, the drive current of the 2nd drive control signal is made below into predetermined current for a means to restrict the maximum of the 2nd drive control signal -- the [or] -- it does not limit especially making below into a predetermined ratio the duty ratio of the PWM signal generated based on 2 drive control signal etc.

[0014] The electric power-steering equipment concerning the gestalt of this operation is equipped with the feedforward control section which generates the 2nd drive control signal, changes this 1st drive control signal and the 2nd drive control signal by the control mode change section, and controls a motor while it is equipped with the feedback control section which generates the 1st drive control signal. and this electric power-steering equipment -- the PWM signal generation section -- the [the 1st drive control signal or] -- a motor-control signal is generated based on 2 drive control signal, and the PWM drive of the motor is carried out by the bridge circuit based on this motor-control signal The gestalt of this operation explains the gestalt of the 2nd operation which allots the limit section concerning the gestalt of the 1st operation, and this invention with which the limit section concerning this invention is allotted to the latter part of a feedforward control section, and the drive current of the 2nd drive control signal is made below into predetermined current to the latter part of the PWM signal generation section, and makes the duty ratio of a PWM signal below a predetermined ratio.

[0015] First, with reference to drawing 1 , the whole electric power-steering equipment 1 composition is explained.

[0016] The steering system S from a steering wheel 3 to steering wheels W and W is equipped with electric power-steering equipment 1, and it assists the control force by the manual

control-force generating means 2. Therefore, electric power-steering equipment 1 generates the motor voltage VM with a control unit 20, drives a motor 8 with this motor voltage VM, generates auxiliary steering torque (auxiliary control force), and mitigates the manual control force by the manual control-force generating means 2. In addition, with the gestalt of this operation, a motor 8 is equivalent to a motor given in a claim.

[0017] Pinion 7a of the rack & pinion mechanism 7 established in the steering gearbox 6 through the connecting shaft 5 is connected with the steering shaft 4 with which the manual control-force generating means 2 was formed in one at the steering wheel 3. In addition, a connecting shaft 5 equips the ends with universal joints 5a and 5b. Rack gear-tooth 7b which gears to pinion 7a is formed in the rack shaft 9, and the rack & pinion mechanism 7 considers rotation of pinion 7a as reciprocating movement of the longitudinal direction (vehicles cross direction) of the rack shaft 9 by engagement of pinion 7a and rack gear-tooth 7b. Furthermore, the front wheels W and W on either side as a steering wheel are connected with the rack shaft 9 through tie rods 10 and 10 to the ends. In addition, the manual control-force generating means 2 equips right and left with the stopper (not shown) which regulates movement of the rack shaft 9 respectively, in order to specify the maximum ***** of steering wheels W and W.

[0018] Moreover, in order for electric power-steering equipment 1 to generate an auxiliary control force (auxiliary torque), a motor 8 is arranged on the rack shaft 9 and the same axle. And electric power-steering equipment 1 is changed into a thrust through the ball-thread mechanism 11 in which rotation of a motor 8 was prepared by the rack shaft 9 and the same axle, and makes this thrust act on the rack shaft 9 (ball-thread shaft 11a). If incidentally regulated by the stopper (not shown) which movement of the rack shaft 9 described above, rotation of a motor 8 will stop.

[0019] As for a control unit 20, each detecting signals V, T, IMO, and VMO from the vehicle speed sensor VS, the steering torque sensor TS, the motor current detection means 21, and the motor voltage detection means 22 are inputted. And a control unit 20 determines the size and direction of motor current IM which are passed to a motor 8 based on detecting signals V, T, IMO, and VMO, and outputs the 1st drive control signal C1 to feedback control at the control mode change section 38 (refer to drawing 2 and drawing 5). Moreover, a control unit 20 determines the size and direction of motor current IM which are passed to a motor 8 based on detecting signals V and T, and outputs the 2nd drive control signal C2 to feedforward control at the control mode change section 38 (refer to drawing 2 and drawing 5). And the motor current detection means 21 is based unusually/normally, and a control unit 20 changes the 1st drive control signal C1 and the 2nd drive control signal C2 in the control mode change section 38, and impresses the motor voltage VM to a motor 8 from the motor mechanical component 40 based on these drive control signals C1 and C2 (refer to drawing 2 and drawing 5). In addition, with the gestalt of this operation, the steering torque sensor TS is equivalent to a steering torque sensor given in a claim, and the motor current detection means 21 is equivalent to the motor current detection

means of a publication at a claim.

[0020] In addition, control unit 20A of the gestalt of the 1st operation equips the latter part of the feedforward control section 36 with the drive current-limiting section 37, restricts the drive current of the 2nd drive control signal C2 to below predetermined current MI by the drive current control section 37, and restricts the maximum of the momentary current at the time of rotation of a motor being suddenly set to 0 (refer to drawing 2). Moreover, control unit 20B of the gestalt of the 2nd operation equips the latter part of the PWM signal generation section 41 with the duty ratio limit section 44, when the motor current detection means 21 is failure, it restricts the duty ratio of a PWM signal to below the predetermined ratio MD in the duty ratio limit section 44, and it restricts the maximum of the momentary current at the time of rotation of a motor being suddenly set to 0 (refer to drawing 5).

[0021] The vehicle speed sensor VS detects the vehicle speed as a pulse number per unit time, and transmits it to a control unit 20 by making the analog electrical signal corresponding to the detected pulse number into a vehicle speed signal V. In addition, the vehicle speed sensor VS is not formed only in order to transmit a vehicle speed signal V to electric power-steering equipment 1, and it transmits a vehicle speed signal V also to an alien system.

[0022] The steering torque sensor TS is arranged in the steering gearbox 6, and detects the size and direction of manual steering torque by the driver. And the steering torque sensor TS transmits to a control unit 20 by making the analog electrical signal corresponding to the detected manual steering torque into the steering torque signal T. In addition, the direction of torque is expressed with the plus value / minus value of steering torque including the information on the direction of torque which shows the sense of the steering torque the steering torque signal T indicates a size to be, and torque, the direction of steering torque of a plus value is the right, and the direction of steering torque of a minus value is the left.

[0023] The motor current detection means 21 is equipped with resistance or a hall device connected in series to the motor 8, and detects the size and direction of motor current IM which actually flow to a motor 8. And the motor current detection means 21 feeds back the motor current signal IMO corresponding to motor current IM to a control unit 20 (negative feedback).

[0024] The motor voltage detection means 22 detects the voltage of the ends of a motor 8 respectively, and detects the size and direction of the motor voltage VM which are actually impressed to the motor 8. And the motor voltage detection means 22 transmits the motor voltage signal VMO corresponding to the motor voltage VM to a control unit 20.

[0025] Next, with reference to drawing 2 , control unit 20A of the gestalt of the 1st operation is explained. Control unit 20A consists of the motor-speed operation part 30, the sensor malfunction detection section 31, the unusual display 32, the steering torque amendment section 33, the target current setting section 34, the feedback control section 35, the feedforward control section 36, the drive current-limiting section 37, the control mode change section 38, the

assistant prohibition section 39, and a motor mechanical component 40. The motor mechanical component 40 is equipped with the PWM signal generation section 41, the gate drive circuit section 42, and the motor drive circuit 43. In addition, control unit 20A is equipped with at least two CPUs (Central Processing Unit) which perform various operations, processing, etc., and is further equipped with an input signal conversion means, a signal generation means, a storage means, a power circuit, a motor drive circuit, etc. In addition, with the gestalt of this operation, the sensor malfunction detection section 31 is equivalent to the fault detection section given in a claim. The target current setting section 34 is equivalent to the target current setting section given in a claim. The feedback control section 35 is equivalent to the 1st drive control signal generation section given in a claim. The feedforward control section 36 is equivalent to the 2nd drive control signal generation section given in a claim. The drive current-limiting section 37 is equivalent to the claim 1 and the limit section according to claim 2 of a claim, the control mode change section 38 is equivalent to the control mode change section given in a claim, and the motor mechanical component 40 is equivalent to a claim at the motor mechanical component of a publication.

[0026] The motor current signal IMO from the motor current detection means 21 and the motor voltage signal VMO from the motor voltage detection means 22 are inputted, and the motor-speed operation part 30 calculates an actual rotational speed of a motor 8, and outputs it to sensor malfunction detection section 31 grade as a motor rotational-speed signal RS. The motor-speed operation part 30 calculates the rotational speed of a motor from the motor current signal IMO and the motor voltage signal VMO based on said formula (1) (in addition, the resistance and induced-voltage coefficient of a motor are a constant). Incidentally, although the motor rotational-speed signal RS is used for the damping amendment in the amendment case etc. in target current, the detailed explanation is omitted with the gestalt of this operation.

[0027] The sensor malfunction detection section 31 outputs the unusual sensor classification information SS to the target current setting section 34 and the unusual display 32 while the vehicle speed signal V from the vehicle speed sensor VS, the motor current signal IMO from the motor current detection means 21, and the motor voltage signal VMO from the motor voltage detection means 22 and the motor rotational-speed signal RS from the motor-speed operation part 30 are inputted and it outputs the unusual signal SA to the control mode change section 38 and the assistant prohibition section 39. The sensor malfunction detection section 31 supervises a vehicle speed signal V, the motor current signal IMO, the motor voltage signal VMO, the motor rotational-speed signal RS, etc., and when the range of the signal value beforehand set up for every signal is exceeded and a signal is not detected, operation of each sensor judges the case where change of a signal is not normal to be unusual. And the sensor malfunction detection section 31 judges the abnormalities/normalcy of the motor current detection means 21 from the motor current signal IMO, and outputs the unusual signal SA. In addition, at the time of

abnormalities, 1 is set up for the motor current detection means 21 as logical level, and, as for the unusual signal SA, 0 is set up as logical level at the time of normal. Furthermore, the sensor malfunction detection section 31 judges the abnormalities/normalcy of the vehicle speed sensor VS, each detection meanses 21 and 22, and the motor-speed operation part 30 from each signal, and outputs the unusual sensor classification information SS. Logical level is respectively set up to the vehicle speed sensor VS, each detection meanses 21 and 22, and the motor-speed operation part 30, 1 is set up in each logical level at the time of abnormalities, and, as for the unusual sensor classification information SS, 0 is set up at the time of normal. In addition, the sensor malfunction detection section 31 makes non-volatile memory (not shown) memorize the unusual signal SA and the unusual sensor classification information SS, and when control unit 20A is rebooted, it holds the unusual signal SA and the unusual sensor classification information SS. [0028] The unusual sensor classification information SS from the sensor malfunction detection section 31 is inputted, and the unusual display 32 outputs a sensor unusual signal to a visible drop (not shown) or an audible output machine (not shown) etc. with which vehicles were prepared. In addition, based on the unusual sensor classification information SS, this sensor unusual signal is made into the unusual information according to each sensor at a case, although a visible drop or an audible output machine can output the abnormalities/normalcy of each sensor individually, and although a visible drop or an audible output machine outputs the abnormalities/normalcy of electric power-steering equipment 1, let it at a case be the unusual information on electric power-steering equipment 1.

[0029] The steering torque signal T from the steering torque sensor TS is inputted, and the steering torque amendment section 33 outputs the amendment steering torque signal TH to the target current setting section 34. Therefore, the steering torque amendment section 33 is equipped with proportionality section 33a, differential section 33b, and adder unit 33c. Since change of the steering torque signal T is expressed linearly, proportionality section 33a carries out the multiplication of the coefficient to the steering torque signal T, and outputs it to adder unit 33c as a proportional. In order that differential section 33b may raise the responsibility of the steering torque signal T, it carries out time differential of the steering torque signal T, and outputs it to adder unit 33c as a differential term. Incidentally, when the driver is operating the steering wheel 3 rightward, a differential term serves as a plus value, when the operation torque by the driver is strengthened, when steering torque is fixed, it is set to 0, and while steering torque can be weakening, it serves as a minus value. Moreover, when the driver is operating the steering wheel 3 leftward, a differential term serves as a minus value, when the operation torque by the driver is strengthened, when steering torque is fixed, it is set to 0, and while steering torque can be weakening, it serves as a plus value. Adder unit 33c adds the proportional from proportionality section 33a, and the differential term from differential section 33b, and outputs them as an amendment steering torque signal TH. In addition, the direction of torque is

expressed with the plus value / minus value of amendment steering torque including the information on the direction of torque which shows the sense of the amendment steering torque the amendment steering torque signal TH indicates a size to be, and torque, the direction of amendment steering torque of a plus value is the right, and the direction of amendment steering torque of a minus value is the left. Incidentally, the integration section may be prepared, the integration term of the steering torque signal T may be calculated if needed, and an integration term may be added by adder unit 33c.

[0030] The unusual sensor classification information SS from the amendment steering torque signal TH, the vehicle speed signal V from the vehicle speed sensor VS, and the sensor malfunction detection section 31 from the steering torque amendment section 33 is inputted, and the target current setting section 34 outputs the target current signal IT to the feedback control section 35 and the feedforward control section 36. In addition, the direction of current is expressed with the plus value / minus value of target current to the target current signal IT including the information on the direction of current which shows the sense of the target current which shows the size of current to pass to a motor 8, and current to pass to a motor 8, the assistant direction of a plus value is the right, and the assistant direction of a minus value is the left. The target current setting section 34 was equipped with storage meanses, such as ROM (Read Only Memory), and has memorized the data with which the amendment steering torque signal TH and vehicle speed signal V which were beforehand set up based on the experimental value or the design value, and the target current signal IT correspond. And in the unusual sensor classification information SS, the target current setting section 34 reads the target current signal IT which corresponds considering the amendment steering torque signal TH and a vehicle speed signal V as the address, when the vehicle speed sensor VS is normal. An example of the translation table of an amendment steering torque signal and a vehicle speed signal-target current signal is shown in drawing 3 . As shown in drawing 3 , the target current signal IT is matched with the value which increases according to the increase in the amendment steering torque signal TH, when the amendment steering torque signal TH is matched with 0 about zero and becomes beyond a predetermined amendment steering torque signal (absolute value). Furthermore, the inclination of the target current signal IT to this amendment steering torque signal TH changes by the vehicle speed signal V. When this inclination is high-speed in order to match a large value (absolute value) to a vehicle speed signal V in the case of a low speed with large road surface reaction force and to secure the stability at the time of a run, the small value (absolute value) is matched. That is, the increment (absolute value) of the target current signal IT to the amendment steering torque signal TH decreases, so that the vehicle speed becomes high-speed. In addition, since the maximum current which can be passed to the power 43a-FET 43d of a motor 8 and a bridge circuit 43 is specified, the target current signal IT is set below to the maximum target current.

[0031] Moreover, when the vehicle speed sensors VS are abnormalities in the unusual sensor classification information SS, the target current setting section 34 makes a vehicle speed signal V the maximum vehicle speed from a fail and safe viewpoint, and reads the target current signal IT which corresponds considering the amendment steering torque signal TH and a vehicle speed signal V as the address. That is, the vehicle speed is set as the maximum vehicle speed, the target current signal IT is made small, auxiliary steering torque is reduced and a driver is made to recognize the abnormalities of electric power-steering equipment 1 from the time of normal.

[0032] The target current signal IT from the target current setting section 34 and the motor current signal IMO from the motor current detection means 21 are inputted, and the feedback control section 35 outputs the 1st drive control signal C1 to the control mode change section 38. The feedback control section 35 generates the 1st drive control signal C1 by which PID (Proportional Integral Differential) control was carried out so that the deflection of the target current signal IT and the motor current signal IMO may approach 0. Therefore, the feedback control section 35 is equipped with deflection operation part 35a and PID control-section 35b. Deflection operation part 35a is equipped with a subtractor or the subtraction function of soft control, subtracts the motor current signal IMO from the target current signal IT, and calculates deflection signal $\Delta IM (=IT-IMO)$. PID control-section 35b performs P (proportionality), I (integration), and D (differential) control to deflection signal ΔIM from deflection operation part 35a, and generates the 1st drive control signal C1 for controlling the current supplied to a motor 8 so that deflection signal ΔIM may approach 0. In addition, the direction of current is expressed with the plus value / minus value of drive current including the information on the direction of current which shows the sense of the drive current which shows the size of the current which supplies the 1st drive control signal C1 to a motor 8, and the current supplied to a motor 8, the assistant direction of a plus value is the right, and the assistant direction of a minus value is the left.

[0033] The target current signal IT from the target current setting section 34 is inputted, and the feedforward control section 36 outputs the 2nd drive control signal C2 to the drive current-limiting section 37. The feedforward control section 36 generates a bigger value than the target current signal IT as the 2nd drive control signal C2 in consideration of consumption of the motor voltage VM by the counter-electromotive-force component (K-N component of a formula (1)) by rotation of the motor 8 shown in said formula (1). That is, since counter-electromotive force occurs by rotation of a motor 8 when the target current signal IT is made into the 2nd drive control signal C2 as it was, the motor current IM which flows to a motor 8 becomes smaller than the target current signal IT. Then, in consideration of a part for the counter-electromotive force by rotation of a motor 8, the predetermined current value which is equivalent to counter-electromotive force at the target current signal IT is added, and the 2nd drive control signal C2 is generated. Therefore, the feedforward control section 36 is equipped with

counter-electromotive-force setting section 36a and adder unit 36b. Counter-electromotive-force setting section 36a is equipped with storage meanses, such as ROM, and outputs ***** current CC to adder unit 36b by predetermined current value. In addition, counter-electromotive-force current CC is determined in consideration of the property of a motor 8 etc. Adder unit 36b is equipped with an adder or the adder of soft control, adds counter-electromotive-force current CC to the target current of the target current signal IT, and generates the 2nd drive control signal C2. In addition, the direction of current is expressed with the plus value / minus value of drive current including the information on the direction of current which shows the sense of the drive current which shows the size of the current which supplies the 2nd drive control signal C2 to a motor 8, and the current supplied to a motor 8, the assistant direction of a plus value is the right, and the assistant direction of a minus value is the left.

[0034] The 2nd drive control signal C2 from the feedforward control section 36 is inputted, and the drive current-limiting section 37 outputs the 2nd drive control signal C2 which performed the maximum limit to the control mode change section 38 at the drive current of the 2nd drive control signal C2. At the time of the feedforward control which cannot perform control based on the motor current signal IMO, rotation of a motor is suddenly set to 0 and the drive current by the 2nd drive control signal C2 increases the drive current-limiting section 37 momentarily. In order to prevent that current excessive like it destroys Power 43a-FET 43d as a momentary current to the power 43a-FET 43d of the motor drive circuit 43 flows, the drive current of the 2nd drive control signal C2 is made below into predetermined current MI. That is, if rotation of a motor 8 stops suddenly at the time of rack thrust reliance etc., although the rotational speed of a motor 8 will be set to 0, in the case of feedforward control, the motor voltage VM based on the drive current of the 2nd drive control signal C2 from the feedforward control section 36 is mostly maintained by the influence of control delay at the voltage value at the time of rack thrust reliance. Therefore, as shown in said formula (1), motor current IM becomes excessive at the moment. And since excessive current (more than 120A) flows as a momentary current to Power 43a-FET 43d, there is a possibility of destroying Power 43a-FET 43d. Then, always, the drive current of the 2nd drive control signal C2 is made below into predetermined current MI, and the maximum of the momentary current which flows to Power 43a-FET 43d is restricted.

predetermined current MI -- a Power [43a-FET 43d] property etc. -- power FET 43 -- it is set up as maximum of the drive current boiled and set up so that a momentary current may become below the current value that does not destroy a-43d by any means, and it is referred to as 80A with the gestalt of this operation Incidentally, predetermined current MI grasps by what the rate of increase the drive current of the 2nd drive control signal C2 increases, when the rotational speed of a motor 8 is suddenly set to 0, and it is set up in consideration of the current value which destroys this rate of increase and Power FET 43a-43d. In addition, this predetermined current

MI is also the current value which does not make a motor 8 cause abnormalities absolutely. In addition, after rack thrust reliance, since the steering torque by the driver becomes small by rack thrust reliance in connection with the passage of time, the target current of the target current signal IT becomes small and the drive current of the 2nd drive control signal C2 also becomes small further, the motor voltage VM becomes small.

[0035] Then, the drive current-limiting section 37 is equipped with predetermined current setting section 37a and drive current comparator 37b. Predetermined current setting section 37a is equipped with storage meanses, such as ROM, and outputs predetermined current MI to drive current comparator 37b. Drive current comparator 37b compares predetermined current MI with the drive current of the 2nd drive control signal C2 from the feedforward control section 36. And when the drive current of the 2nd drive control signal C2 from the feedforward control section 36 is larger than predetermined current MI, drive current comparator 37b generates the 2nd drive control signal C2 by making predetermined current MI into drive current, and outputs it to the control mode change section 38. On the other hand, drive current comparator 37b outputs the 2nd drive control signal C2 from the feedforward control section 36 to the control mode change section 38 as it is, when the drive current of the 2nd drive control signal C2 from the feedforward control section 36 is below predetermined current MI.

[0036] The 1st drive control signal C1 from the feedback control section 35, the 2nd drive control signal C2 from the drive current-limiting section 37, and the unusual signal SA from the sensor malfunction detection section 31 are inputted, and the control mode change section 38 outputs the drive control signal CS to the PWM signal generation section 41 of the motor mechanical component 40. When the motor current detection means 21 is normal, the control mode change section 38 changes control of a motor 8 to feedback control at feedforward control, when the motor current detection meanses 21 are abnormalities. Therefore, the control mode change section 38 makes the 1st drive control signal C1 from the feedback control section 35 the drive control signal CS, when the logical level of the unusual signal SA is 0, when the logical level of the unusual signal SA is 1, it makes the 2nd drive control signal C2 from the drive current-limiting section 37 the drive control signal CS, and it outputs the drive control signal CS to the PWM signal generation section 41. The direction of current is expressed with the plus value / minus value of drive current including the information on the direction of current which shows the sense of the drive current which shows the size of the current which supplies the drive control signal CS to a motor 8, and the current supplied to a motor 8, the assistant direction of a plus value is the right, and the assistant direction of a minus value is the left.

[0037] The steering torque signal T from the steering torque sensor TS, the motor current signal IMO from the motor current detection means 21, and the unusual signal SA from the sensor malfunction detection section 31 and the drive control signal CS from the control mode change section 38 are inputted, and the assistant prohibition section 39 outputs the assistant inhibiting

signal SB to the gate drive circuit section 42. In order that the main CPUs of control unit 20A may supervise whether it is operating normally, the assistant prohibition section 39 judges the relation between the steering torque signal T and the motor current signal IMO, and the relation between the steering torque signal T and the drive control signal CS, when the motor current detection means 21 is normal, and when the motor current detection means 21 are abnormalities, it judges the relation between the steering torque signal T and the drive control signal CS. In addition, the assistant prohibition section 39 is controlled by CPU other than CPU which becomes main [control unit 20A]. The assistant prohibition section 39 carries out an assistant prohibition judging based on a map M1 (refer to (a) view of drawing 4), and a map M2 (refer to (b) view of drawing 4), when the unusual signal SA is 0 (the motor current detection means 21 is normal), and when the unusual signal SA is 1 (the motor current detection means 21 is unusual), it carries out an assistant prohibition judging based on a map M3 (refer to (c) view of drawing 4).

[0038] First, the case where the motor current detection means 21 is normal is explained. The assistant prohibition section 39 was equipped with storage meanses, such as ROM, and has memorized the map M2 (refer to (b) view of drawing 4) in which the relation between the map M1 (refer to (a) view of drawing 4) and the steering torque signal T which show the relation between the steering torque signal T beforehand set up based on the experimental value or the design value and the motor current signal IMO, and the drive control signal CS is shown. A horizontal axis is the steering torque signal T, and the vertical axis of a map M1 is the motor current signal IMO. The plus field (right-hand side field of the zero (0) of a horizontal axis) of the steering torque signal T corresponds, when the manual steering torque of the clockwise rotation direction is inputted into a steering wheel 3, and the minus field (left-hand side field of the zero (0) of a horizontal axis) of the steering torque signal T corresponds, when the manual steering torque of the anticlockwise rotation direction is inputted into a steering wheel 3. Moreover, the plus field (top field of the zero (0) of a vertical axis) of the motor current signal IMO corresponds, when the current of the clockwise rotation direction flows to a motor 8, and the minus field (bottom field of the zero (0) of a vertical axis) of the motor current signal IMO corresponds, when the current of the anticlockwise rotation direction flows to a motor 8. Assistant keepout area M1a of a map M1, M1a and M1b, and M1b are the fields which are fields of the motor current signal IMO which is not desirable, and can be judged that the main CPUs of control unit 20A are unusual to the steering torque signal T. In addition, if assistant keepout area M1a and M1a are less than 100 mSs even if it goes into this field since it is some possible conditions fulfilled during an actual run when damping control and the inertia control to a motor 8 are taken into consideration, they are a field which does not forbid assistance (assistance will be forbidden, if it is got blocked and 100 or more mSs go into assistant keepout area M1a and M1a). Moreover, since they are a field into which it does not go even if it takes damping control and inertia control

into consideration, when assistant keepout area M1b and M1b go into this field also by 1mS, they are a field which forbids assistance. Moreover, a horizontal axis is the steering torque signal T, and the vertical axis of a map M2 is the drive control signal CS. The plus field (right-hand side field of the zero (0) of a horizontal axis) of the steering torque signal T corresponds, when the manual steering torque of the clockwise rotation direction is inputted into a steering wheel 3, and the minus field (left-hand side field of the zero (0) of a horizontal axis) of the steering torque signal T corresponds, when the manual steering torque of the anticlockwise rotation direction is inputted into a steering wheel 3. Moreover, the plus field (top field of the zero (0) of a vertical axis) of the drive control signal CS corresponds, when a motor 8 outputs the torque of the clockwise rotation direction, and the minus field (bottom field of the zero (0) of a vertical axis) of the drive control signal CS corresponds, when a motor 8 outputs the torque of the anticlockwise rotation direction. Assistant keepout area M2a of a map M2 and M2a are the fields which are fields of the drive control signal CS which is not desirable, and can be judged that the main CPUs of control unit 20A are unusual to the steering torque signal T. Then, the assistant prohibition section 39 searches a map M1 and a map M2. The relation between the steering torque signal T and the motor current signal IMO 1 or more mSs to the field of 100 or more mSs and assistant keepout area M1b of a map M1, and M1b to the field of assistant keepout area M1a of a map M1, and M1a In a certain case Or when the relation between the steering torque signal T and the drive control signal CS to the field of assistant keepout area M2a of a map M2 and M2a is, 1 is set up as logical level of the assistant inhibiting signal SB. case it is other -- being alike -- 0 is set up as logical level of the assistant inhibiting signal SB, and it outputs to the gate drive circuit section 42 A setup of the logical level of the assistant inhibiting signal SB is not limited to the aforementioned setup, but is set up corresponding to the composition of the logical circuit of the gate drive circuit section 42 etc. Incidentally, the criteria on a map M1 of the criteria on a map M1 and a map M2 is severer, and when the motor current detection means 21 is normal, assistance is almost forbidden by the criteria of a map M1.

[0039] Next, the case where the motor current detection meanses 21 are abnormalities is explained. When the motor current detection meanses 21 are abnormalities, the criteria in the map M1 by the motor current signal IMO cannot be used. Then, an assistant prohibition judging is performed using the map M3 (refer to (c) view of drawing 4) which made severe the criteria of the map M2 by the drive control signal CS. In addition, when the main CPUs of control unit 20A are normal, in order to usually assist in this direction to the direction where manual steering torque is added, the direction where manual steering torque is added as a direction of current to the current supplied to a motor 8 is set to the drive control signal CS. For example, when a driver operates a steering wheel 3 rightward, the direction of current which shows the sense of the current supplied to the motor 8 for generating auxiliary steering torque rightward is set to the drive control signal CS. However, even when the main CPUs of control unit 20A are normal, in

order to aid an opposite direction to the direction where manual steering torque is added by operation of differential section 33b of the steering torque amendment section 33, the direction of current to the current supplied to the drive control signal CS at a motor 8 may usually be set as an opposite direction with the time. For example, although the driver is operating the steering wheel 3 rightward, when weakening manual steering torque, the differential term by differential section 33b may become a minus value, and the size of the steering torque in the amendment steering torque signal TH may become a minus value (left). The direction of current to the current which the direction of the steering torque signal T supplies to the motor 8 of the drive control signal CS in spite of the right becomes leftward then (refer to a points of the (c) view of drawing 4). However, when the main CPUs of control unit 20A are abnormalities, the direction of current and drive current of the drive control signal CS which are set up based on the steering torque signal T serve as a clearly unusual value (references, such as b etc. points of the (c) view of drawing 4). Then, the assistant prohibition section 39 was equipped with storage meanses, such as ROM, and has memorized the map M3 (refer to (c) view of drawing 4) in which the relation between the steering torque signal T beforehand set up based on the experimental value or the design value and the drive control signal CS is shown. A map M3 makes the field of M3a and M3a an assistant keepout area instead of assistant keepout area M2a of a map M2, and M2a. This assistant keepout area M3a and M3a are the fields which are fields of the drive control signal CS which is not desirable, and can be judged that the main CPUs of control unit 20A are unusual to the steering torque signal T. In addition, assistant keepout area M3a and M3a forbid assistance from the steering torque signal T2 which starts prohibition of assistance of assistant keepout area M2a of a map M2, and M2a, the steering torque signal T3 with an absolute value smaller than -T2, and -T3 (getting it blocked, the map M3 serves as a severe criteria from the criteria of a map M2). Then, the assistant prohibition section 39 searches a map M3, when the relation between the steering torque signal T and the drive control signal CS to the field of assistant keepout area M3a of a map M3 and M3a is, it sets up 1 as logical level of the assistant inhibiting signal SB, in other than the assistant keepout area Ma and Ma, it sets up 0 as logical level of the assistant inhibiting signal SB, and outputs it to the gate drive circuit section 42. A setup of the logical level of the assistant inhibiting signal SB is not limited to the aforementioned setup, but is set up corresponding to the composition of the logical circuit of the gate drive circuit section 42 etc.

[0040] The drive control signal CS from the control mode change section 38 is inputted, and the PWM signal generation section 41 outputs the motor-control signal MS to the gate drive circuit section 42. The PWM signal generation section 41 generates the PWM signal corresponding to the sense and current value of motor current which are supplied to a motor 8, an ON signal, and an OFF signal based on the drive control signal CS. A PWM signal is a signal which is inputted into the gate G1 of power FET43a of the motor drive circuit 43, or the gate G2 of power FET43b,

and carries out the PWM drive of power FET43a or the power FET43b according to the size of the drive current of the drive control signal CS. In addition, it is decided by the polarity (the direction of current) of the drive current of the drive control signal CS into which gate of the gate G1 or the gate G2 a PWM signal will be inputted. And when a PWM signal is inputted into the gate G1, an ON signal is inputted into the gate G4 of power FET43d, and the ON drive of the power FET43d is carried out. On the other hand, when a PWM signal is inputted into the gate G2, an ON signal is inputted into gate G3 of power FET43c, and the ON drive of the power FET43c is carried out. Moreover, an OFF signal is inputted into the gate where a PWM signal is not inputted among the gate G1 or the gate G2, and power FET43a or power FET43b is turned off. When an OFF signal is inputted into the gate G1 at this time, an OFF signal is inputted also into the gate G4 of power FET43d, and power FET43d is also turned off. On the other hand, when an OFF signal is inputted into the gate G2, an OFF signal is inputted also into gate G3 of power FET43c, and power FET43c is also turned off. In addition, the motor-control signal MS consists of a PWM signal outputted to the gates G1-G4, an ON signal, and an OFF signal, and a logic judging is carried out in the gate drive circuit section 42.

[0041] The motor-control signal MS from the PWM signal generation section 41 and the assistant inhibiting signal SB from the assistant prohibition section 39 are inputted, and since each gates G1-G4 of the motor drive circuit 43 are driven, the gate drive circuit section 42 outputs the motor-control signal MS. In addition, the gate drive circuit section 42 forbids generating of the auxiliary steering torque by the motor 8, when the logical level of the assistant inhibiting signal SB is 1. That is, the gate drive circuit section 42 forbids the assistance by the motor 8, when the main CPUs of control unit 20A are abnormalities. Therefore, the gate drive circuit section 42 is equipped with the logical circuit which consists of four NOT circuits and four AND circuits which are not illustrated. And the gate drive circuit section 42 carries out the reversal output of the assistant inhibiting signal SB respectively by four NOT circuits at four AND circuits. Furthermore, each reversal output of the each signal and NOT circuit to the gates G1-G4 of the motor drive circuit 43 of the motor-control signal MS is respectively inputted into four AND circuits, and the gate drive circuit section 42 outputs the motor-control signal MS from four AND circuits to the gates G1-G4 of the motor drive circuit 43. And the gate drive circuit section 42 outputs an OFF signal altogether as a motor-control signal MS, when the logical level of the assistant inhibiting signal SB is 1, and when the logical level of the assistant inhibiting signal SB is 0, it outputs the motor-control signal MS from the PWM signal generation section 41 as it is as a motor-control signal MS.

[0042] The motor-control signal MS by which the logic judging was carried out from the gate drive circuit section 42 is inputted, and the motor drive circuit 43 impresses the motor voltage VM to a motor 8 based on this motor-control signal MS, and outputs motor current IM to a motor 8. The motor drive circuit 43 consists of bridge circuits which consist of a switching element of

four power 43a, 43b, 43c, and FET 43d, and the voltage of 12V is supplied from supply voltage. Furthermore, the motor drive circuit 43 is connected in series [between power FET43b and power FET43c] in series [a motor 8] between power FET43a and power FET43d. A PWM signal or an OFF signal is inputted into each gates G1 and G2, a PWM signal is inputted, and Power 43a and FET 43b is turned on at the time of logical level 1. Power 43c and FET 43d is turned on, when an ON signal or an OFF signal is inputted into each gate G3 and G4 and an ON signal is inputted. And the motor drive circuit 43 will impress the motor voltage VM to a motor 8 based on the motor-control signal MS, if the motor-control signal MS is respectively inputted into each Power [43a, 43b, 43c, and FET 43d] gates G1 and G2, G3, and G4. Then, motor current IM flows to a motor 8, and a motor 8 generates the auxiliary steering torque which drove [normal-rotation-] or drove [inversion-] and is proportional to motor current IM. In addition, the motor voltage VM impressed to a motor 8 is determined by the duty ratio of a PWM signal. And the motor current IM which flows to a motor 8 corresponds to the motor voltage VM. For example, when the duty ratio of a PWM signal is 70% (namely, 7 (logical level 1):3 (logical level 0)), $12V \times (7/10) = 8.4V$ become the motor voltage VM, and 8.4V will be impressed succeeding the motor 8.

[0043] Then, with reference to drawing 1 or drawing 4 , control by control unit 20A in electric power-steering equipment 1 is explained. Here, the case where control unit 20A has the normal motor current detection means 21, and controls a motor 8 by feedback control, and the case where the motor current detection means 21 is unusual, and a motor 8 is controlled by feedforward control are explained.

[0044] The motor current detection means 21 is not concerned unusually/normally, but control unit 20A generates the amendment steering torque signal TH based on the steering torque signal T in the steering torque amendment section 33. And control unit 20A sets up the target current signal IT based on the amendment steering torque signal TH and a vehicle speed signal V in the target current setting section 34. Furthermore, control unit 20A generates the 1st drive control signal C1 based on deflection ΔIM of the target current signal IT and the motor current signal IMO in the feedback control section 35. Moreover, control unit 20A generates the 2nd drive control signal C2 based on the target current signal IT by the feedforward control section 36. Furthermore, control unit 20A restricts the drive current of the 2nd drive control signal C2 from feedforward control 36 to below predetermined current MI in the drive current-limiting section 37.

[0045] Moreover, control unit 20A supervises each signal from various sensors in the sensor malfunction detection section 31, and various sensors judge [abnormalities /] whether it is normal. Especially the sensor malfunction detection means 31 sets logical level of the unusual signal SA to 0, when the motor current detection means 21 is normal, when the motor current detection means 21 are abnormalities, sets logical level of the unusual signal SA to 1, and

outputs it to the control mode change section 38.

[0046] When the logical level of the unusual signal SA is 0, in the control mode change section 38, by making the 1st drive control signal C1 into the drive control signal CS, control unit 20A is outputted to the motor mechanical component 40, and carries out feedback control of the motor 8. The motor mechanical component 40 generates the motor-control signal MS, and impresses the motor voltage VM to a motor 8 from the motor drive circuit 43 based on this motor-control signal MS with the 1st drive control signal C1 by which the motor current signal IMO which is actually flowing to the motor 8 was taken into consideration. Then, motor current IM flows to a motor 8, and the auxiliary steering torque corresponding to this motor current IM occurs in it.

Incidentally, even if rotation of a motor 8 stops suddenly by rack thrust reliance, since feedback control of the control unit 20A is carried out by the motor current signal IMO, it can apply current limiting. Therefore, although the motor current IM from which the drive current by the 1st drive control signal C1 was increased as a momentary current flows to a motor 8, a momentary current excessive like it destroys Power 43a-FET 43d does not flow.

[0047] In addition, control unit 20A The relation between the steering torque signal T and the motor current signal IMO in the assistant prohibition section 39 Assistant keepout area M1a of a map M1, When the case of 1 or more mSs or the relation between the steering torque signal T and the drive control signal CS in M1a is in assistant keepout area M2a of a map M2, and M2a in 100 or more mSs, assistant keepout area M1b, and M1b (refer to drawing 4), it judges with the main CPUs being unusual. Control unit 20A outputs 1 to the gate drive circuit section 42 as logical level of the assistant inhibiting signal SB from the assistant prohibition section 39 then. And control unit 20A generates the motor-control signal MS altogether made into an OFF signal in the gate drive circuit section 42, and stops impression of the motor voltage VM from the motor drive circuit 43 to a motor 8 based on this motor-control signal MS. Then, supply of the motor current IM to a motor 8 is stopped, and auxiliary steering torque is not generated, either.

[0048] When the logical level of the unusual signal SA is 1, in the control mode change section 38, by making the 2nd drive control signal C2 into the drive control signal CS, control unit 20A is outputted to the motor mechanical component 40, and carries out feedforward control of the motor 8. The motor mechanical component 40 generates the motor-control signal MS, and impresses the motor voltage VM to a motor 8 from the motor drive circuit 43 based on this motor-control signal MS with the 2nd drive control signal C2 restricted to below predetermined current MI. Then, usually, in a motor 8, in the case of feedforward control, the motor current IM below predetermined current MI flows, and the auxiliary steering torque corresponding to this motor current IM occurs. Even when rotation of a motor 8 stops suddenly by rack thrust reliance and the counter-electromotive-force component (K-N component in a formula (1)) of a formula (1) is set to 0, moreover, control unit 20A At the time of feedforward control, since the drive current by the 2nd drive control signal C2 is made below into predetermined current MI, the maximum

of the momentary current from which drive current is momentarily increased by the rate of increase by the property of a motor 8 etc. can also be restricted. Therefore, motor current IM flows as a momentary current restricted to the motor 8, and a momentary current excessive like it destroys does not flow to Power 43a-FET 43d. For example, if the rate of increase at the time of becoming a momentary current is an increase of 40%, since the drive current by the 2nd drive control signal C2 will be restricted to below 80A, a momentary current is restricted to a motor 8 below at 112A. Incidentally, although the drive current by the 2nd drive control signal C2 is restricted to below predetermined current MI at the time of feedforward control, the steering feeling at the time of steering (when the steering torque T is small) does not usually change with the time of feedback control.

[0049] In addition, control unit 20A judges with the main CPUs being unusual, when the relation between the steering torque signal T and the drive control signal CS is in assistant keepout area M3a of a map M3, and M3a in the assistant prohibition section 39 (refer to (c) view of drawing 4). Control unit 20A outputs 1 to the gate drive circuit section 42 as logical level of the assistant inhibiting signal SB from the assistant prohibition section 39 then. And control unit 20A generates the motor-control signal MS altogether made into an OFF signal in the gate drive circuit section 42, and stops impression of the motor voltage VM from the motor drive circuit 43 to a motor 8 based on this motor-control signal MS. Then, supply of the motor current IM to a motor 8 is stopped, and auxiliary steering torque is not generated, either.

[0050] According to electric power-steering equipment 1 equipped with this control unit 20A, at the time of feedback control, current limiting of the motor current IM which flows to a motor 8 can be carried out by feedback of the motor current signal IMO from the motor current detection means 21. Moreover, electric power-steering equipment 1 makes the drive current by the 2nd drive control signal C2 passed to a motor 8 by the drive current-limiting section 37 below predetermined current MI at the time of feedforward control. Therefore, since electric power-steering equipment 1 restricts the maximum of a momentary current and does not pass excessive motor current IM to a motor 8 even if rotation of a motor 8 stops suddenly and rotational speed is set to 0, it does not pass the momentary current as destroying to Power 43a-FET 43d.

[0051] Next, with reference to drawing 5 , control unit 20B of the gestalt of the 2nd operation is explained. In addition, only meanses to restrict the maximum of the 2nd drive control signal C2 to control unit 20A of the gestalt of the 1st operation differ, and control unit 20B is the same as that of control unit 20A about other composition. Then, in explanation of control unit 20B, the sign same about the same composition as control unit 20A is attached, and the detailed explanation about the same composition is omitted. Control unit 20B consists of the motor-speed operation part 30, the sensor malfunction detection section 31, the unusual display 32, the steering torque amendment section 33, the target current setting section 34, the feedback control

section 35, the feedforward control section 36, the control mode change section 38, the assistant prohibition section 39, and a motor mechanical component 40. The motor mechanical component 40 is equipped with the PWM signal generation section 41, the gate drive circuit section 42, the motor drive circuit 43, and the duty ratio limit section 44. That is, a control unit B is replaced with the drive current-limiting section 37 (refer to drawing 2) of control unit 20A, and restricts the maximum of the 2nd drive control signal C2 by the duty ratio limit section 44. In addition, control unit 20B is equipped with at least two CPUs which perform various operations, processing, etc., and is further equipped with an input signal conversion means, a signal generation means, a storage means, a power circuit, a motor drive circuit, etc. In addition, with the gestalt of this operation, the duty ratio limit section 44 is equivalent to the claim 1 and the limit section according to claim 3 of a claim.

[0052] In addition, in control unit 20B, the direct output of the 2nd drive control signal C2 is carried out to the control mode change section 38 from the feedforward control section 36. Moreover, in control unit 20B, the unusual signal SA is outputted also to the control mode change section 38 and the duty ratio limit section 44 from the sensor malfunction detection section 31.

[0053] The motor-control signal MS from the PWM signal generation section 41 and the unusual signal SA from the sensor malfunction detection section 31 are inputted, and the duty ratio limit section 44 outputs the motor-control signal MS which performed the duty ratio limit to the gate drive circuit section 42 by the predetermined ratio at the PWM signal of the motor-control signal MS. Motor current IM becomes excessive at the time of the feedforward control which cannot perform control based on the motor current signal IMO, and the duty ratio limit section 44 makes the duty ratio of the PWM signal of the motor-control signal MS below the predetermined ratio MD, in order to prevent that excessive current flows as a momentary current at the power 43a-FET 43d of the motor drive circuit 43. That is, if rotation of a motor 8 stops suddenly at the time of rack thrust reliance etc., although the rotational speed of a motor 8 will be set to 0, in the case of feedforward control, the motor voltage VM based on the drive current of the 2nd drive control signal C2 from the feedforward control section 36 is mostly maintained by the influence of control delay at the voltage value at the time of rack thrust reliance. Therefore, as shown in said formula (1), motor current IM becomes momentarily excessive. And since excessive current (more than 120A) flows as a momentary current to Power 43a-FET 43d, there is a possibility of destroying Power 43a-FET 43d. Then, in the case of feedforward control, the duty ratio of the PWM signal of the motor-control signal MS inputted into the gate G1 or the gate G2 is made below into the predetermined ratio MD, and the motor voltage VM from which maximum was restricted to the motor 8 below by the predetermined ratio MD is impressed. Therefore, the maximum of the momentary current increased by the rate of increase by the property of a motor 8 etc. is also restricted, and it is made only for this restricted momentary current not to flow to

Power 43a-FET 43d. Even if the drive current by the 2nd drive control signal C2 is increased as a momentary current, the predetermined ratio MD It is set below to the duty ratio of the PWM signal based on the motor voltage VM for carrying out to below the maximum of the drive current set up so that it might become below the current value to which this momentary current does not destroy Power 43a-FET 43d by any means. With the gestalt of this operation, you may be 50% (it is got blocked and only the motor voltage VM below 6V (=12Vx (5/10)) is continuously impressed to a motor 8). Incidentally, it grasps by what the rate of increase when the rotational speed of a motor 8 is suddenly set to 0, the drive current of the 2nd drive control signal C2 increases the predetermined ratio MD, and is set up in consideration of the supply voltage value of this rate of increase and the motor drive circuit 43, the current value which destroys Power 43a-FET 43d. In addition, this predetermined ratio MD is also a duty ratio which does not make a motor 8 cause abnormalities absolutely. In addition, after rack thrust reliance, since the steering torque by the driver becomes small by rack thrust reliance with time progress, the target current of the target current signal IT becomes small and the drive current of the 2nd drive control signal C2 becomes small further, the duty ratio of the PWM signal of the motor-control signal MS also becomes small.

[0054] Then, the duty ratio limit section 44 is equipped with predetermined ratio setting section 44a and duty ratio comparator 44b. Predetermined ratio setting section 44a is equipped with storage meanses, such as ROM, and outputs the predetermined ratio MD to duty ratio comparator 44b. Only the signal (a PWM signal and OFF signal) inputted into the gate G1 and the gate G2 in the motor-control signal MS from the PWM signal generation section 41 is inputted into duty ratio comparator 44b. Therefore, the signal (an ON signal and OFF signal) inputted into gate G3 and the gate G4 in the motor-control signal MS from the PWM signal generation section 41 is directly inputted into the gate drive circuit section 42 from the PWM signal generation section 41. Duty ratio comparator 44b outputs the OFF signal over the gate G1 or the gate G2 of the motor-control signal MS from the PWM signal generation section 41 to the gate drive circuit section 42 as it is irrespective of the logical level of the unusual signal SA. And duty ratio comparator 44b outputs the PWM signal over the gate G1 or the gate G2 of the motor-control signal MS from the PWM signal generation section 41 to the gate drive circuit section 42 as it is, when the logical level of the unusual signal SA is 0 (namely, when it is feedback control). Moreover, duty ratio comparator 44b compares the duty ratio of a PWM signal and the predetermined ratio MD to the gate G1 or the gate G2 of the motor-control signal MS from the PWM signal generation section 41, when the logical level of the unusual signal SA is 1 (namely, when it is feedforward control). And when the duty ratio of the PWM signal from the PWM signal generation section 41 is larger than the predetermined ratio MD, duty ratio comparator 44b generates a PWM signal as a duty ratio of a PWM signal, and outputs the predetermined ratio MD to the gate drive circuit section 42. On the other hand, duty ratio

comparator 44b outputs the PWM signal from the PWM signal generation section 41 to the gate drive circuit section 42 as it is, when the duty ratio of the PWM signal from the PWM signal generation section 41 is below the predetermined ratio MD.

[0055] Then, with reference to drawing 1 and drawing 5, control by control unit 20B in electric power-steering equipment 1 is explained. Here, the case where control unit 20B has the normal motor current detection means 21, and controls a motor 8 by feedback control, and the case where the motor current detection means 21 is unusual, and a motor 8 is controlled by feedforward control are explained. In addition, explanation of the control is omitted about the explanation which performs the same control as control unit 20A which control unit 20B described above.

[0056] The motor current detection means 21 is not concerned unusually/normally, but control unit 20B generates the amendment steering torque signal TH based on the steering torque signal T in the steering torque amendment section 33. And control unit 20B sets up the target current signal IT based on the amendment steering torque signal TH and a vehicle speed signal V in the target current setting section 34. Furthermore, control unit 20B generates the 1st drive control signal C1 based on deflection ΔI_M of the target current signal IT and the motor current signal IMO in the feedback control section 35. Moreover, control unit 20B generates the 2nd drive control signal C2 based on the target current signal IT by the feedforward control section 36. And when the logical level of the unusual signal SA is 0, in the control mode change section 38, by making the 1st drive control signal C1 into the drive control signal CS, control unit 20B is outputted to the motor mechanical component 40, and carries out feedback control of the motor 8. Moreover, when the logical level of the unusual signal SA is 1, in the control mode change section 38, by making the 2nd drive control signal C2 into the drive control signal CS, control unit 20B is outputted to the motor mechanical component 40, and carries out feedforward control of the motor 8. Then, control unit 20B generates the motor-control signal MS based on the drive control signal CS in the PWM signal generation section 41, outputs the signal over the gate G1 and the gate G2 in the motor-control signal MS to the duty ratio limit section 44, and outputs the signal over gate G3 and the gate G4 in the motor-control signal MS to the gate drive circuit section 42.

[0057] When the logical level of the unusual signal SA is 0, control unit 20B outputs the signal (a PWM signal and OFF signal) over the gate G1 and the gate G2 in the motor-control signal MS from the PWM signal generation section 41 to the gate drive circuit section 42 as it is in the duty ratio limit section 44. And control unit 20B carries out feedback control of the motor 8 based on the motor-control signal MS by which the logic judging was carried out in the gate drive circuit section 42. In addition, with the 1st drive control signal C1 by which the motor current signal IMO which is actually flowing to the motor 8 in the PWM signal generation section 41 was taken into consideration, control unit 20B generates the motor-control signal MS, and impresses the

motor voltage VM to a motor 8 from the motor drive circuit 43 based on this motor-control signal MS. Then, motor current IM flows to a motor 8, and the auxiliary steering torque corresponding to this motor current IM occurs in it. Incidentally, even if rotation of a motor 8 stops suddenly by rack thrust reliance, since feedback control of the control unit 20B is carried out by the motor current signal IMO, it can apply current limiting. Therefore, although the motor current IM from which the drive current by the 1st drive control signal C1 was increased as a momentary current flows to a motor 8, a momentary current excessive like it destroys Power 43a-FET 43d does not flow.

[0058] When the logical level of the unusual signal SA is 1, control unit 20B outputs the OFF signal over the gate G1 or the gate G2 in the motor-control signal MS to the gate drive circuit section 42 as it is while it restricts the duty ratio of the PWM signal over the gate G1 or the gate G2 in the motor-control signal MS from the PWM signal generation section 41 to below the predetermined ratio MD in the duty ratio limit section 44 and outputs it to the gate drive circuit section 42. And control unit 20B carries out feedforward control of the motor 8 based on the motor-control signal MS by which the logic judging was carried out in the gate drive circuit section 42. In addition, since control unit 20B has restricted the duty ratio of a PWM signal to below the predetermined ratio MD in the duty ratio limit section 44, it impresses the motor voltage VM generated with the PWM signal by which the duty ratio limit was carried out to a motor 8 from the motor drive circuit 43. Then, usually, with the motor voltage VM restricted to below the predetermined ratio MD, in the case of feedforward control, the motor current IM with which maximum was restricted to the motor 8 flows, and the auxiliary steering torque corresponding to this motor current IM occurs in it. Moreover, even when rotation of a motor 8 stops suddenly by rack thrust reliance and the counter-electromotive-force component (K-N component in a formula (1)) of a formula (1) is set to 0, at the time of feedforward control, control unit 20B impressed the motor voltage VM restricted to below the predetermined ratio MD to the motor 8, and has restricted the maximum of the drive current passed to a motor 8. Therefore, maximum is restricted also for the momentary current momentarily increased by the rate of increase by the property of a motor 8 etc. Therefore, motor current IM flows as a momentary current ^{*(ed)} by the motor 8, and a momentary current excessive like it destroys does not flow to Power 43a-FET 43d.

[0059] According to electric power-steering equipment 1 equipped with this control unit 20B, at the time of feedback control, current limiting of the motor current IM which flows to a motor 8 can be carried out by feedback of the motor current signal IMO from the motor current detection means 21. Moreover, electric power-steering equipment 1 restricts the maximum of the motor voltage VM with the PWM signal restricted to below the predetermined ratio MD in the duty ratio limit section 44 at the time of feedforward control. Therefore, a momentary current excessive since the maximum of a momentary current is restricted and excessive motor current

IM does not flow to a motor 8, even if rotation of a motor 8 stops suddenly and rotational speed is set to 0, like it destroys electric power-steering equipment 1 to Power 43a-FET 43d does not flow. Incidentally, although the duty ratio of a PWM signal is restricted to below the predetermined ratio MD at the time of feedforward control, the steering feeling at the time of steering (when the steering torque T is small) does not usually change with the time of feedback control.

[0060] As mentioned above, this invention is carried out with various gestalten, without being limited to the gestalt of the aforementioned operation. For example, although considered as the drive current control section 37 or the duty ratio limit section 44 as a means to restrict the maximum of the 2nd drive control signal C2, it does not limit to these meanses.

[0061]

[Effect of the Invention] The maximum of the drive current which the electric power-steering equipment concerning the claim 1 of this invention passes to a motor since a motor is controlled by the limit section based on the 2nd drive control signal by which the maximum limit was carried out at the time of feedforward control is restricted. Therefore, even if in the case of feedforward control rotation of a motor is suddenly set to 0 and drive current increases this electric power-steering equipment as a momentary current, to a motor, the momentary current by which the maximum limit was carried out flows by maximum limit of the 2nd drive control signal. Consequently, since feedforward control does not pass an excessive momentary current to FET, either, electric power-steering equipment does not destroy FET. In addition, this electric power-steering equipment does not change with the steering feeling at the time of feedback control as a steering feeling at the time of usual steering at the time of feedforward control.

[0062] Since the electric power-steering equipment concerning the claim 2 of this invention restricts the drive current of the 2nd drive control signal to below predetermined current by the limit section, even if rotation of a motor is suddenly set to 0 in the case of feedforward control, it passes to a motor only the momentary current by which the maximum limit was carried out. Consequently, to FET, a momentary current excessive like it destroys does not flow.

[0063] Only the motor voltage generated below in this predetermined ratio impresses the electric power-steering equipment concerning the claim 3 of this invention to a motor in order to carry out the PWM drive of the motor with the duty ratio below a predetermined ratio by the limit section at the time of feedforward control. Therefore, since electric power-steering equipment passes only the following drive current to a motor (resistance of the motor voltage / motor generated in a predetermined ratio) even if rotation of a motor is suddenly set to 0 in the case of feedforward control, it passes to a motor only the momentary current by which the maximum limit was carried out. Consequently, to FET, a momentary current excessive like it destroys does not flow.

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is the whole electric power-steering equipment block diagram concerning the gestalt of this operation.

[Drawing 2] It is the block block diagram of the control unit concerning the gestalt of the 1st operation.

[Drawing 3] It is the translation table of the amendment steering torque signal of the target current setting section of drawing 2 , and a vehicle speed signal-target current signal.

[Drawing 4] It is the map in which the assistant keepout area of the assistant prohibition section of drawing 2 is shown, and the property view of the steering torque signal-motor current signal which uses (a) when a motor current detection means is normal, the property view of the steering torque signal-drive control signal which uses (b) when a motor current detection means is normal, and (c) are the property views of the steering torque signal-drive control signal used when motor current detection meanses are abnormalities.

[Drawing 5] It is the block block diagram of the control unit concerning the gestalt of the 2nd operation.

[Drawing 6] In conventional electric power-steering equipment, it is the property view of the time-motor current at the time of feedforward control, and the case where there is rack thrust reliance is shown.

[Description of Notations]

1 ... Electric power-steering equipment

8 ... Motor

20, 20A, 20B ... Control unit

21 ... Motor current detection means

31 ... Sensor malfunction detection section (fault detection section)

34 ... Target current setting section

35 ... Feedback control section (the 1st drive control signal generation section)

36 ... Feedforward control section (the 2nd drive control signal generation section)

37 ... Drive current-limiting section (limit section)

38 ... Control mode change section

40 ... Motor mechanical component

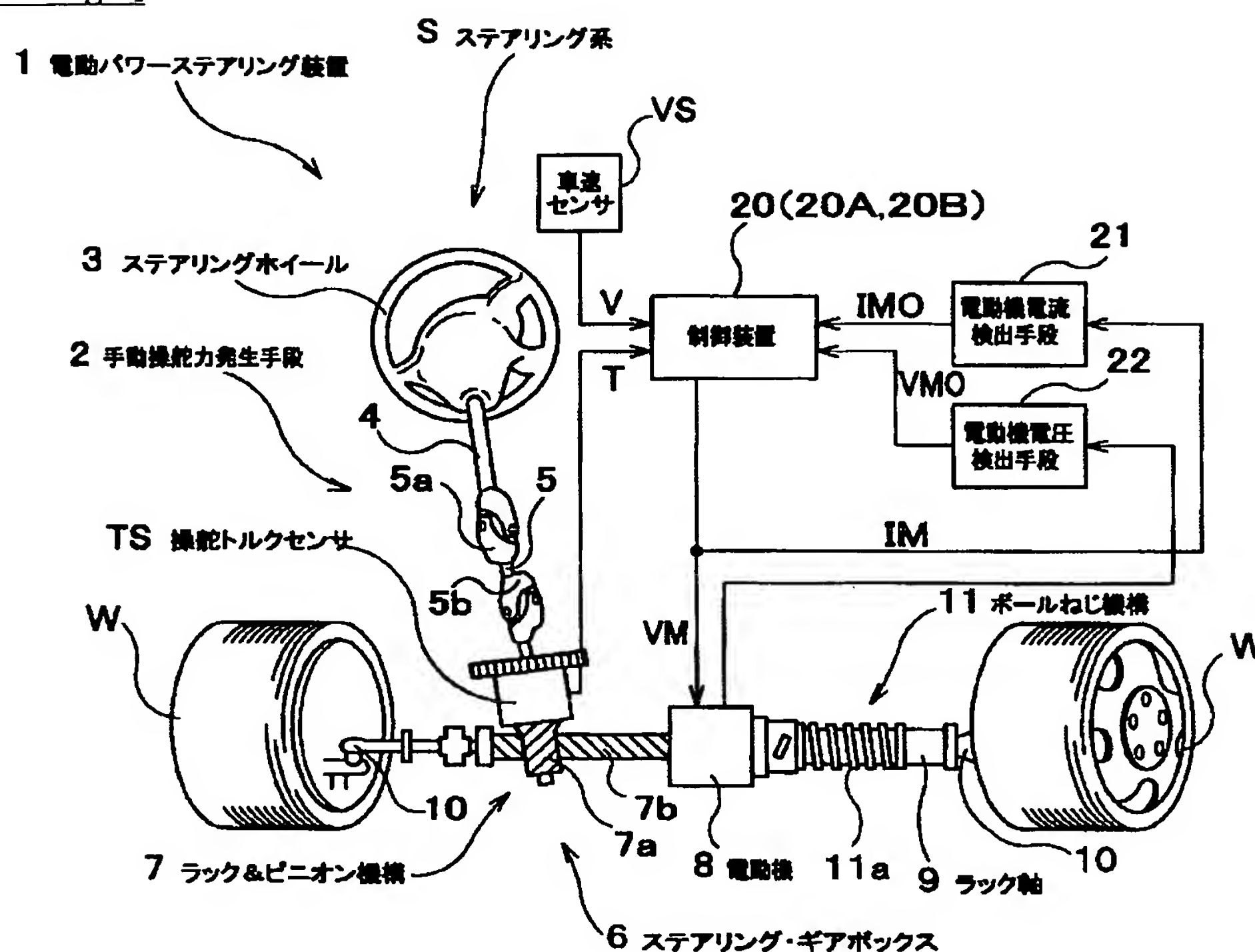
41 ... PWM signal generation section (PDM signal generation section)

44 ... Duty ratio limit section (limit section)

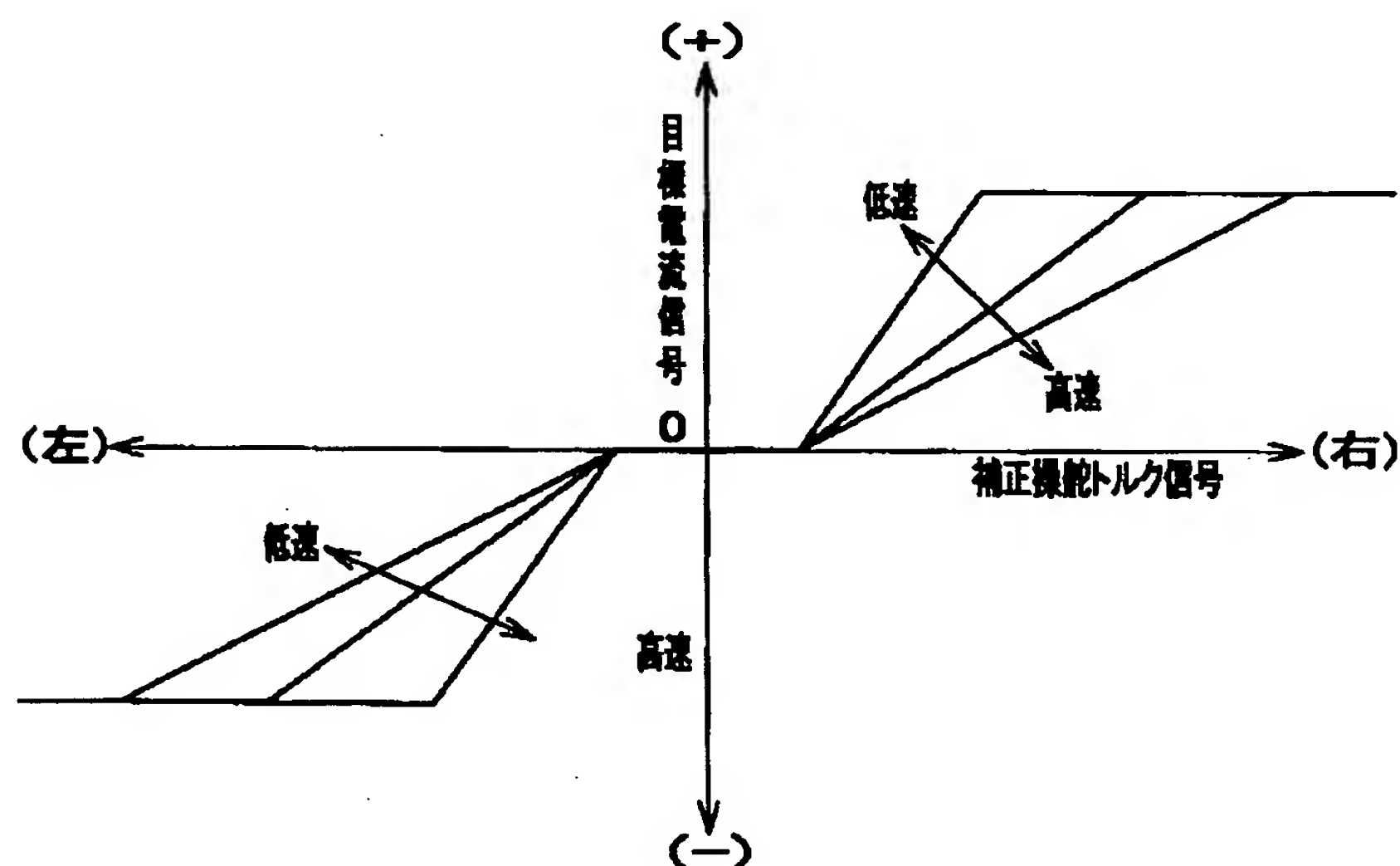
S ... Steering system

TS ... Steering torque sensor

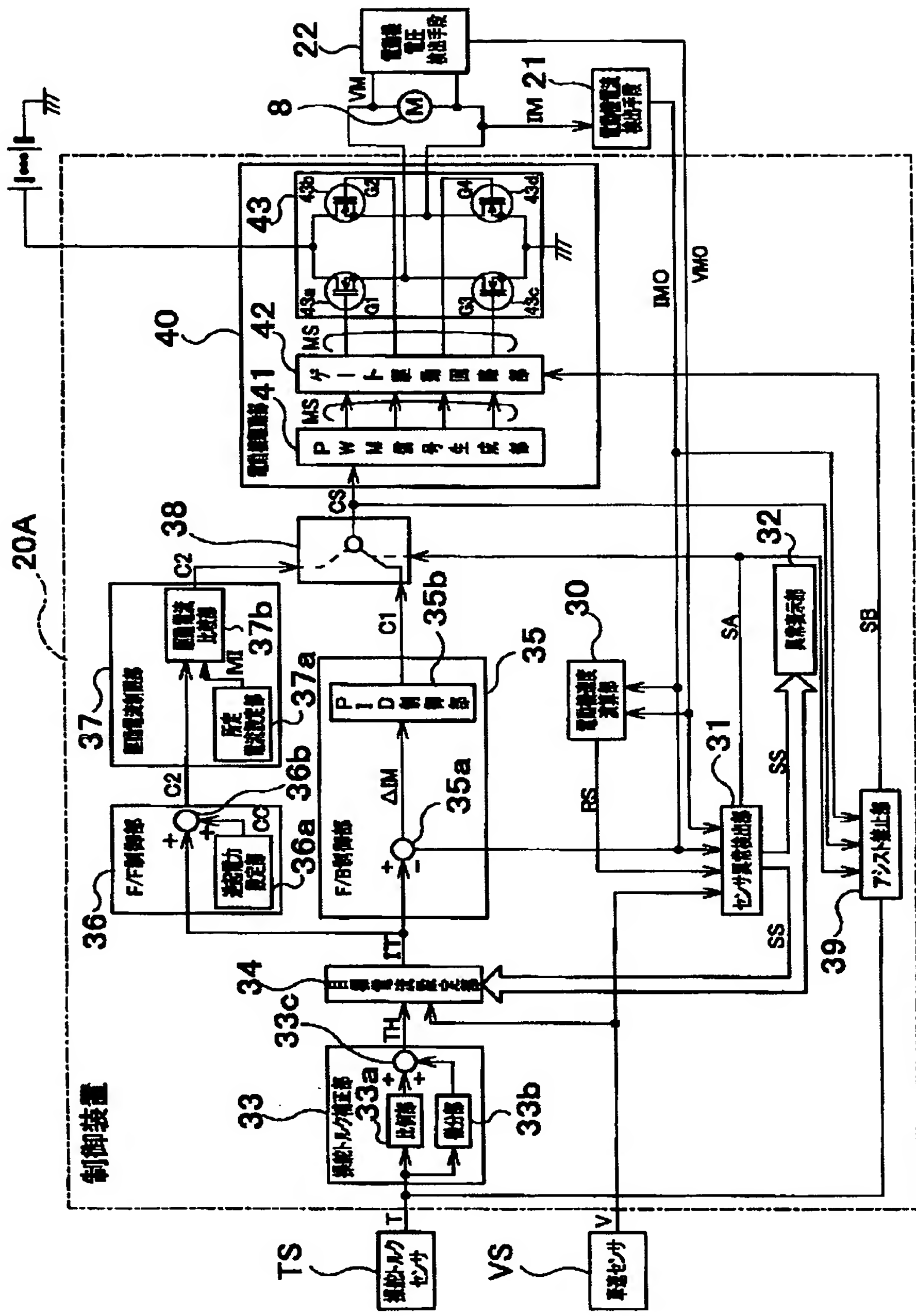
[Drawing 1]



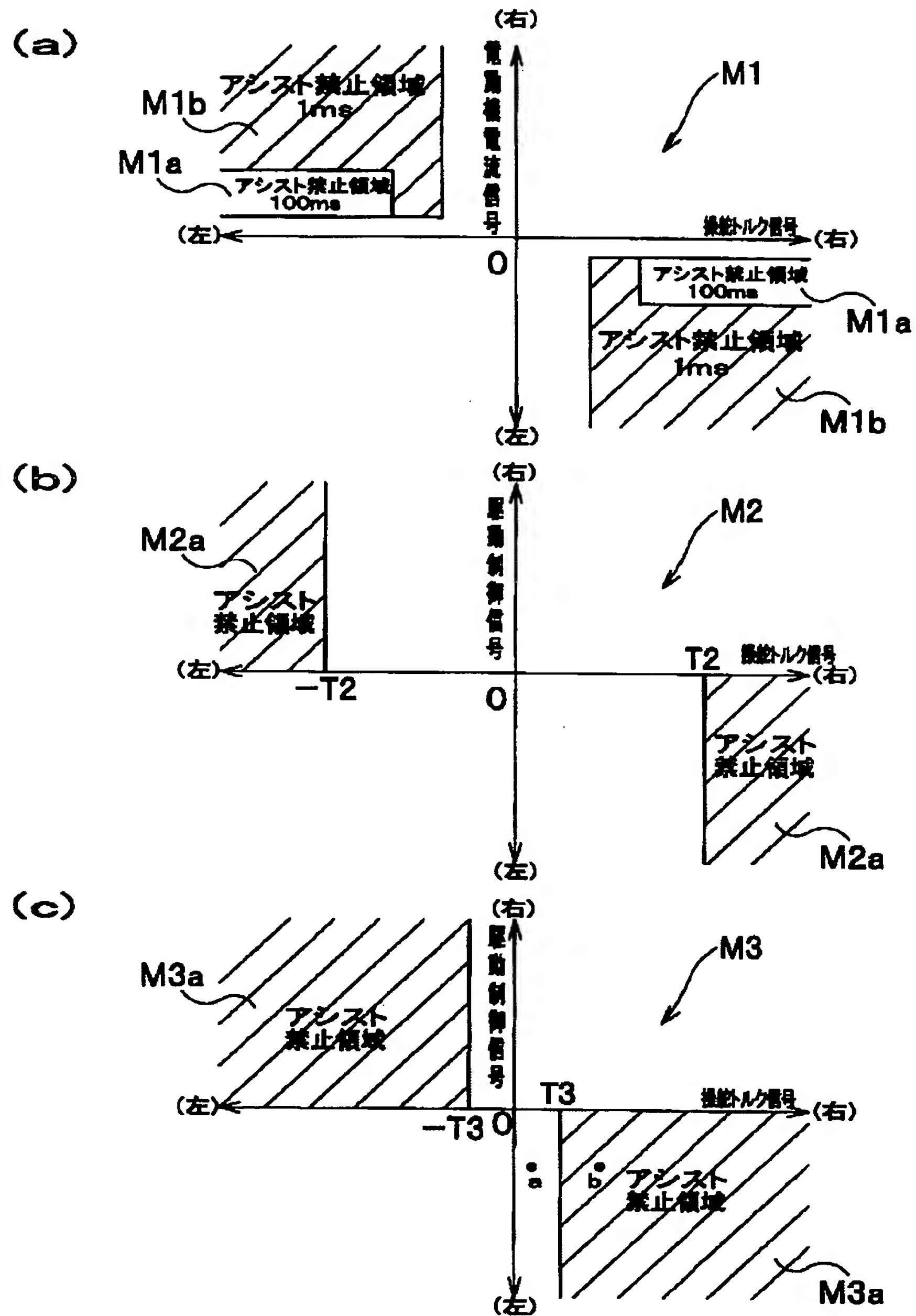
[Drawing 3]



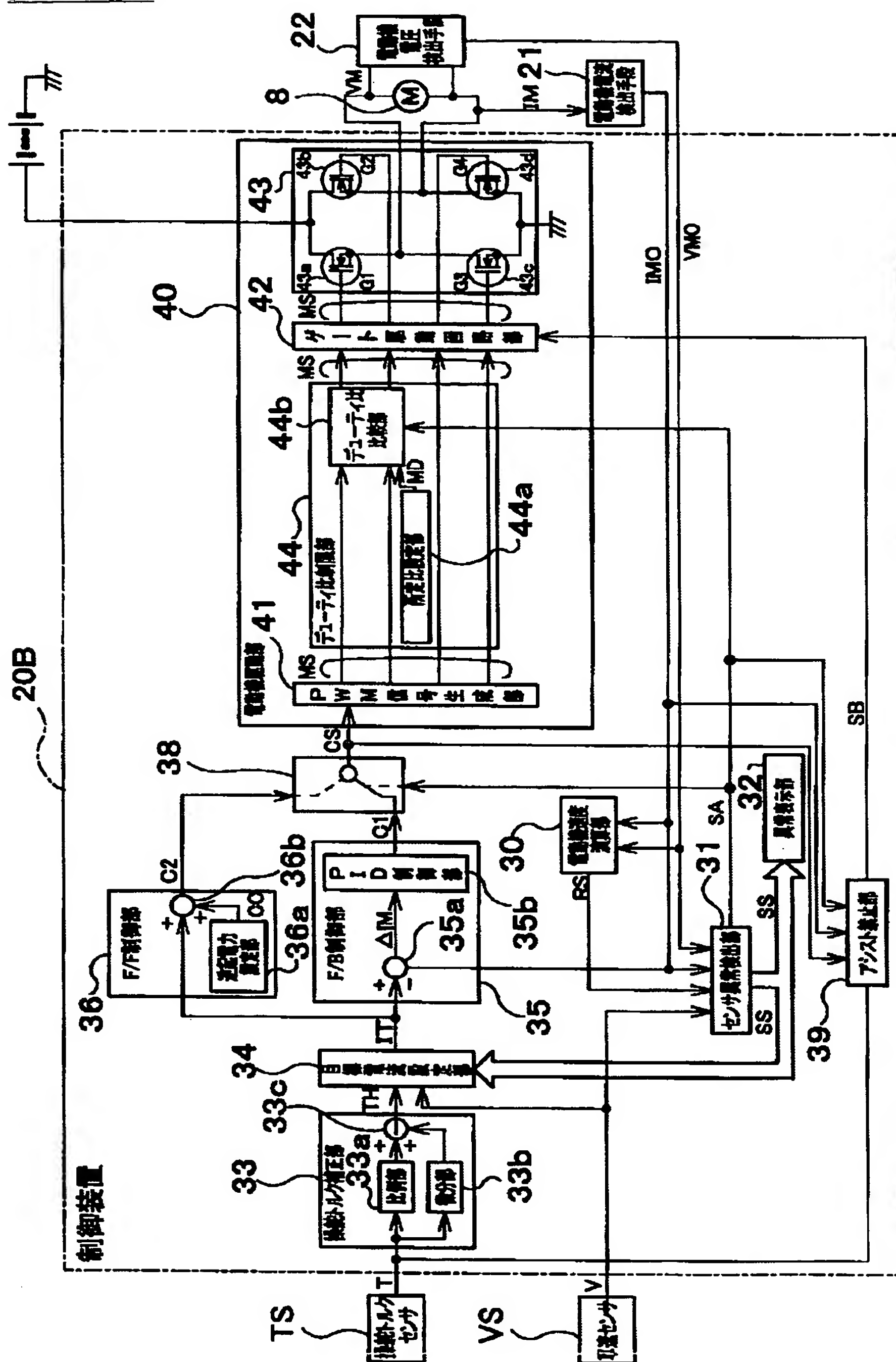
[Drawing 2]



[Drawing 4]



[Drawing 5]



[Drawing 6]

